



Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020

Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit
ecosystemen in Nederland

B. de Knecht, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans,
M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer

| WOT-technical report 197



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het PBL is een inhoudelijk onafhankelijk onderzoeksinstituut op het gebied van milieu, natuur en ruimte, zoals gewaarborgd in de Aanwijzingen voor de Planbureaus, Staatscourant 3200, 21 februari 2012.

Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurverkenning, Balans van de Leefomgeving en andere thematische verkenningen.

Het onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020

Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland

B. de Knecht¹, M. van der Aa³, L. van Gerven¹, K. Hendriks¹, S. Koopmans², M. Lof², M. Riksen¹, H. Roelofsen¹, S. de Vries¹, I. Woltjer¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen University & Research

3 RIVM

BAPS-projectnummer WOT-04-010-034.61

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2020

WOT-technical report 197

ISSN 2352-2739

DOI [10.18174/539011](https://doi.org/10.18174/539011)

Referaat

Knegt, B. de, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans, M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer (2020). *Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 197. 136 blz.; 64 fig.; 16 tab.; 112 ref; 2 Bijlagen.

De Nederlandse samenleving gebruikt verschillende goederen en diensten die ecosystemen leveren – de zogeheten ecosysteemdiensten. Het zichtbaar maken van de toestand en trends van ecosysteemdiensten in Nederland kan helpen bij de oordeelsvorming en besluitvorming van natuur in Nederland door de overheid en het bedrijfsleven. Resultaten laten zien dat, alhoewel Nederlandse ecosystemen een belangrijke bijdrage leveren aan de behoefte aan een duurzame voorziening van goederen en diensten, ze niet voorzien in de totale vraag. Bovendien geldt dat voor de meerderheid van de ecosysteemdiensten de vraag ernaar sneller toeneemt dan het aanbod in de afgelopen twintig jaar.

Trefwoorden: ecosysteemdiensten, natuurlijk kapitaal, ecosystemen, graadmeter, vraag, aanbod, trend

Abstract

Knegt, B. de, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans, M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer (2020). *Ecosystems Services Indicator, update 2020: Supply, demand, use and trends in ecosystem goods and services in the Netherlands*. Wageningen, The Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 197. 136 p.; 64 Figs; 16 Tabs; 112 Refs; 2 Annexes.

Dutch society makes use of a variety of goods and services provided by ecosystems – generally referred to as ecosystem services. A visible record of the status and trends in ecosystem services can help government and industry to incorporate the interests of nature and the environment in the Netherlands into decision-making processes. The results show that although Dutch ecosystems make a valuable contribution towards the need for the sustainable provision of goods and services, they do not satisfy the entire demand. Moreover, over the past 20 years the demand for most ecosystem services has risen faster than the supply.

Keywords: ecosystem services, natural capital, ecosystems, indicator, demand, supply, trend

Foto omslag: Shutterstock

© 2020 **Wageningen Environmental Research**
Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: bart.deknegt@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/539011> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport 'Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020'. Deze graadmeter is in eerste instantie ontwikkeld voor de 'Balans van de Leefomgeving, 2014'. De voorliggende rapportage geeft een update van de graadmeter tot en met 2020. In dit rapport staan alleen die onderdelen die zijn geactualiseerd. Voor methoden, aannamen en keuzen die niet zijn veranderd ten opzichte van 2014, wordt verwezen naar De Knegt (ed.) 2014. Het voorliggende rapport is daarom niet compleet zonder De Knegt (ed.) 2014. Graag wil ik alle auteurs en Marlies Sanders en Dirk-Jan van der Hoek bedanken voor hun inzet, medewerking en het becommentariëren van eerdere versies.

Bart de Knegt

Utrecht, 11 december 2020

Inhoud

Woord vooraf	5
Inhoud	7
Samenvatting	11
Summary	17
Algemeen	23
1 Houtproductie	25
1.1 Werking van de ecosysteemdienst	25
1.2 Methode	25
1.3 Resultaten	25
1.4 Kwaliteit van de resultaten	28
1.4.1 Betrouwbaarheid	28
1.4.2 Volledigheid	28
1.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen	29
1.5 Literatuur	29
2 Biomassa voor energie	31
2.1 Werking van de ecosysteemdienst	31
2.2 Methode	31
2.3 Resultaten	31
2.4 Kwaliteit van de resultaten	33
2.4.1 Betrouwbaarheid	33
2.4.2 Volledigheid	33
2.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen	33
2.5 Literatuur	33
3 Drinkwater	35
3.1 Werking van de ecosysteemdienst	35
3.2 Methode	35
3.3 Resultaten	35
3.4 Kwaliteit van de resultaten	36
3.4.1 Betrouwbaarheid	36
3.4.2 Volledigheid	36
3.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen	36
3.5 Literatuur	36
4 Niet-drinkwater	37
4.1 Werking van de ecosysteemdienst	37
4.2 Methode	37
4.3 Resultaten	37
4.4 Kwaliteit van de resultaten	39
4.4.1 Betrouwbaarheid	39
4.4.2 Volledigheid	39
4.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen	39
4.5 Literatuur	39

5	Voedselproductie	41
6	Regulatie luchtkwaliteit	43
6.1	Werking van de ecosysteemdienst	43
6.2	Methode	43
6.3	Resultaten	46
6.4	Kwaliteit van de resultaten	47
6.4.1	Betrouwbaarheid	47
6.4.2	Volledigheid	47
6.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	47
6.5	Literatuur	47
7	Verkoeling in de stad	49
7.1	Werking van de ecosysteemdienst	49
7.2	Methode	49
7.3	Resultaten	51
7.4	Kwaliteit van de resultaten	53
7.4.1	Betrouwbaarheid	53
7.4.2	Volledigheid	53
7.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	53
7.5	Literatuur	53
8	Koolstofvastlegging	55
8.1	Werking van de ecosysteemdienst	55
8.2	Methode	55
8.3	Resultaten	55
8.4	Kwaliteit van de resultaten	57
8.4.1	Betrouwbaarheid	57
8.4.2	Volledigheid	57
8.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	57
8.5	Literatuur	57
9	Plaagregulatie	59
9.1	Werking van de ecosysteemdienst	59
9.2	Methode	59
9.3	Resultaten	59
9.4	Kwaliteit van de resultaten	64
9.4.1	Betrouwbaarheid	64
9.4.2	Volledigheid	64
9.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	64
9.5	Literatuur	64
10	Bestuiving	65
10.1	Werking van de ecosysteemdienst	65
10.2	Methode	65
10.3	Resultaten	69
10.4	Kwaliteit van de resultaten	71
10.4.1	Betrouwbaarheid	71
10.4.2	Volledigheid	72
10.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	72
10.5	Literatuur	72

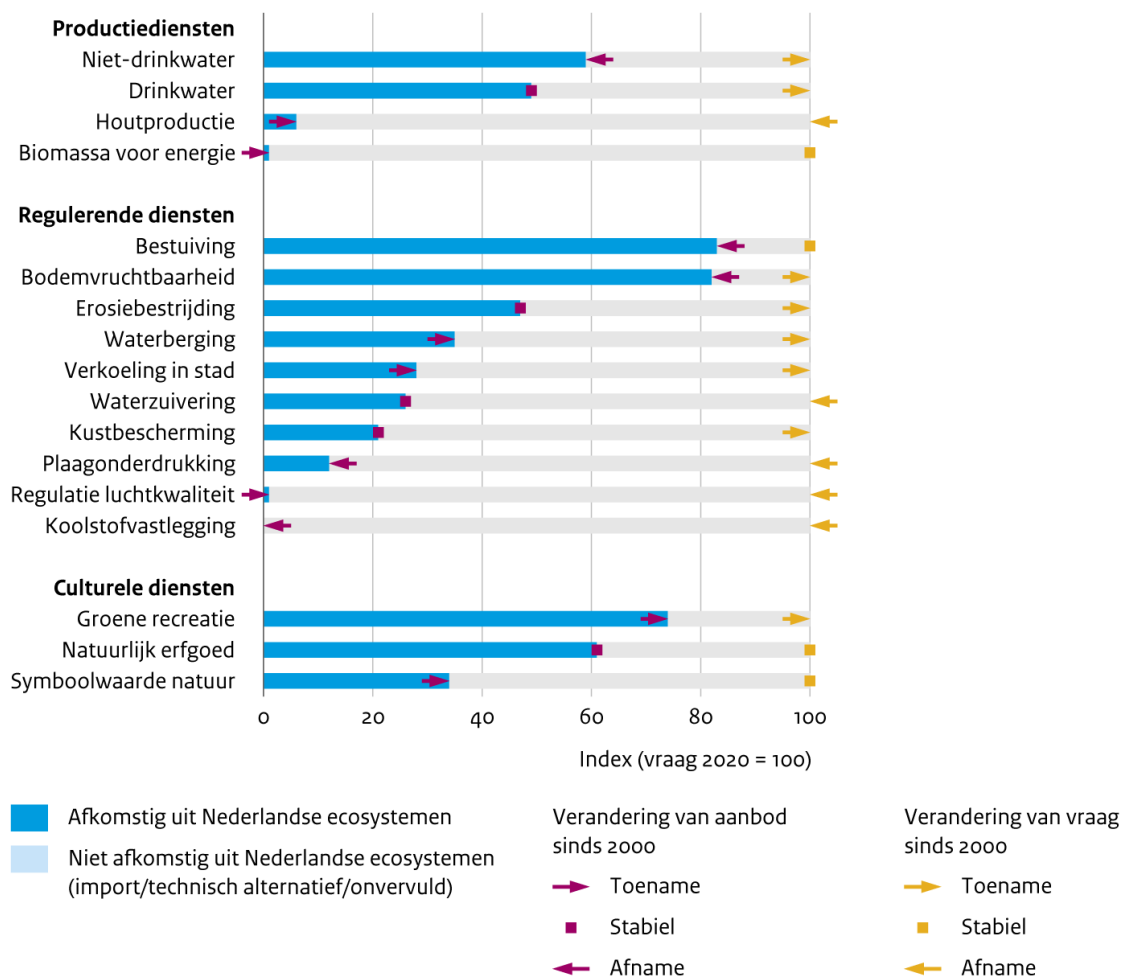
11	Erosiebestijding	73
11.1	Werking van de ecosysteemdienst	73
11.2	Methode	73
11.3	Resultaten	73
11.4	Kwaliteit van de resultaten	73
11.4.1	Betrouwbaarheid	73
11.4.2	Volledigheid	73
11.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	73
11.5	Literatuur	74
12	Waterberging	75
12.1	Werking van de ecosysteemdienst	75
12.2	Methode	75
12.3	Resultaten	77
12.4	Kwaliteit van de resultaten	80
12.4.1	Betrouwbaarheid	80
12.4.2	Volledigheid	80
12.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	81
12.5	Literatuur	81
13	Bodemvruchtbaarheid (hydrologie)	83
13.1	Werking van de ecosysteemdienst	83
13.2	Methode	83
13.3	Resultaten	87
13.4	Kwaliteit van de resultaten	89
13.4.1	Betrouwbaarheid	89
13.4.2	Volledigheid	89
13.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	89
13.5	Literatuur	89
14	Waterzuivering	91
14.1	Werking van de ecosysteemdienst	91
14.2	Methode	92
14.3	Resultaten	95
14.4	Kwaliteit van de resultaten	99
14.4.1	Betrouwbaarheid	99
14.4.2	Volledigheid	99
14.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	99
14.5	Literatuur	99
15	Kustbescherming	101
15.1	Werking van de ecosysteemdienst	101
15.2	Methode	101
15.3	Resultaten	101
15.4	Kwaliteit van de resultaten	101
15.4.1	Betrouwbaarheid	101
15.4.2	Volledigheid	101
15.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	101
15.5	Literatuur	101
16	Natuurlijk erfgoed	103
16.1	Werking van de ecosysteemdienst	103
16.2	Methode	103
16.3	Resultaten	103

16.4	Kwaliteit van de resultaten	107
16.4.1	Betrouwbaarheid	107
16.4.2	Volledigheid	107
16.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	107
16.5	Literatuur	107
17	Groene recreatie	109
17.1	Werking van de ecosysteemdienst	109
17.2	Methode	109
17.3	Resultaten	112
17.4	Kwaliteit van de resultaten	115
17.4.1	Betrouwbaarheid	115
17.4.2	Volledigheid	115
17.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	116
17.5	Literatuur	116
18	Symbolische waarde	117
18.1	Werking van de ecosysteemdienst	117
18.2	Methode	117
18.3	Resultaten	117
18.4	Kwaliteit van de resultaten	119
18.4.1	Betrouwbaarheid	119
18.4.2	Volledigheid	119
18.4.3	Status A voortgang: alleen voor modellen	119
18.5	Literatuur	119
	Verantwoording	121
	Bijlage 1 Waterzuivering	123
	Bijlage 2 Self-assessment forms Status A voor modellen	133

Samenvatting

De Nederlandse samenleving gebruikt verschillende goederen en diensten die worden geleverd door ecosystemen. Alhoewel Nederlandse ecosystemen een belangrijke bijdrage leveren aan de behoefte aan een duurzame voorziening van goederen en diensten, voorzien ze niet in de totale vraag. Voor de meerderheid van de ecosystemediensten neemt de vraag ernaar sneller toe dan het aanbod in de afgelopen twintig jaar.

Levering van goederen en diensten uit ecosystemen, 2020



Bron: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/nl157202

Natuurlijk kapitaal en ecosystemediensten

Natuur en landschap leveren veelal ongemerkt goederen en diensten aan de maatschappij en economie. Voorbeelden hiervan zijn kustbescherming door de duinen, bestuiving van voedselgewassen door insecten en de levering van schoon drinkwater door het bodemecosysteem. Met de verzamelnaam 'ecosysteemdiensten' bedoelen we het vermogen van ecosystemen of natuurlijk kapitaal om goederen en diensten te leveren. Het is gebruikelijk dit vermogen van ecosystemen onder te verdelen in (1) het voorzien in goederen, zoals voedsel of hout; (2) het reguleren van processen, zoals het zuiveren van water en (3) het leveren van culturele diensten, zoals natuurgebieden waar je ter ontspanning kunt wandelen of fietsen.

Ecosysteemdiensten dragen bij aan welzijn en welvaart van de mens

Het welzijn en de welvaart van de mens zijn gebaat bij de goederen en diensten die ecosystemen leveren. Zo is schone lucht bijvoorbeeld belangrijk ter preventie van luchtwegaandoeningen en een groene omgeving zal stimuleren om meer te bewegen en is daarom gezond. Naast gunstige effecten op de gezondheid dient het behoud en herstel van natuurlijk kapitaal ook een economisch belang. Het genereert opbrengsten zoals de verkoop van hout en vis en creëert meerwaarde voor toerisme en de huizenmarkt. Daarnaast levert het besparingen op in de ziektekosten. Het meer benutten van op natuur gebaseerde oplossingen zorgt daarnaast voor een duurzamere omgang met natuur.

Aanbod ecosysteemdiensten voorziet niet in de vraag en discrepantie wordt groter

De levering van goederen en diensten uit Nederlandse ecosystemen en de ontwikkeling daarvan in de afgelopen circa twintig jaar verschilt per ecosysteemdienst (eerste figuur). In geen enkele situatie wordt voorzien in de totale vraag.¹ Soms wordt slechts voorzien in een klein gedeelte van de vraag, zoals bij biomassa voor energie of regulatie van de luchtkwaliteit. Voor de ecosysteemdiensten niet-drinkwater (dat onder andere voor huishoudelijk gebruik zoals wassen, irrigatie in de landbouw en de industrie wordt gebruikt), bodemvruchtbaarheid, bestuiving, groene recreatie en natuurlijk erfgoed voorzien Nederlandse ecosystemen in meer dan de helft van de vraag. Voor de meerderheid van de ecosysteemdiensten (10 van de 17) is de netto trend sinds het jaar 2000 jaar negatief; de vraag neemt sneller toe dan het aanbod van deze diensten. Voor één dienst, natuurlijk erfgoed, zien we dat de discrepantie tussen vraag en aanbod gelijk blijft en bij zes diensten (houtproductie, biomassa voor energie, waterzuivering, regulatie luchtkwaliteit, koolstofvastlegging, symboolwaarde natuur) zien we dat de discrepantie kleiner wordt.

De vraag naar acht ecosysteemdiensten is toegenomen. Klimaatverandering is een van de belangrijkste oorzaken voor de groeiende vraag naar de ecosysteemdiensten (niet-)drinkwater, waterberging, kustbescherming, verkoeling in de stad en erosiebestrijding. De vraag naar erosiebestrijding nam ook toe door de intensiverende landbouw. De vraag naar groene recreatie is gegroeid, omdat vooral de stedelijke bevolking is toegenomen en meer vrije tijd tot haar beschikking kreeg als gevolg van vergrijzing. Een afname in de vraag geldt voor de diensten houtproductie, plaagonderdrukking, waterzuivering, regulatie luchtkwaliteit en koolstofvastlegging. In het geval van de laatste drie diensten is dat het gevolg van lagere emissies van vervuilende stoffen en CO₂.

Naast de ontwikkeling van de vraag verandert ook het aanbod van ecosysteemdiensten. Toename van het aanbod is opgetreden in de categorie productiediensten, bijvoorbeeld bij de levering van energie uit biomassa en hout. Ook het aanbod van waterberging, verkoeling in de stad, regulatie van de luchtkwaliteit en de mogelijkheden voor recreatie is toegenomen, doordat er een kleine stijging is in de hoeveelheid groen in steden. Afnames in het aanbod zijn opgetreden bij de levering van niet-drinkwater en in de categorie regulerende diensten: bodemvruchtbaarheid, bestuiving en plaagonderdrukking. Deze afnames worden voornamelijk veroorzaakt door de intensivering van de landbouw.

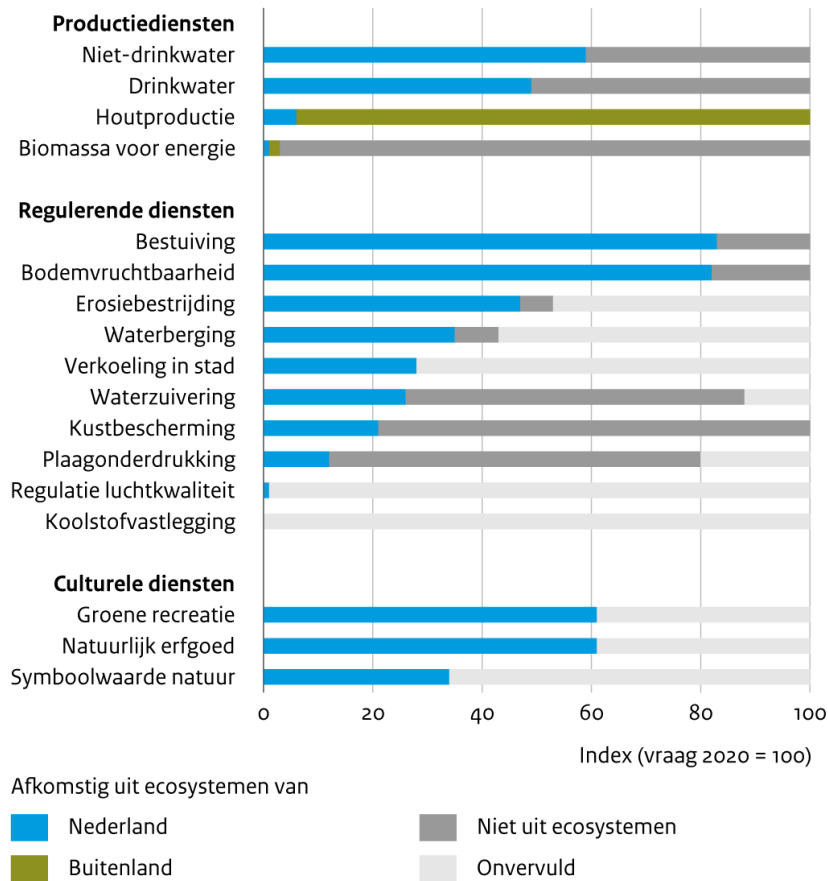
Levering van diensten ook mogelijk door import of techniek

In het geval de vraag niet geheel is vervuld (tweede figuur), zijn er drie mogelijkheden. Ten eerste kan een aantal ecosysteemdiensten worden geïmporteerd om alsnog in de Nederlandse vraag te voorzien. Dat is bijvoorbeeld het geval bij hout. Het gevolg van import is wel dat daarmee de ecologische voetafdruk in het buitenland groter wordt. Bij de regulerende en culturele diensten is import meestal geen optie. Ze moeten geleverd worden op de plaats waar de vraag naar de diensten bestaat. Ten tweede kunnen technische alternatieven worden ingezet. Bijvoorbeeld bij een tekort aan bodemvruchtbaarheid kunnen middelen als kunstmest of beregening de gewasproductie op peil houden en kunnen pesticiden worden gebruikt bij een tekort aan natuurlijke plaagonderdrukking. Nadeel hiervan is dat de inzet van deze technische alternatieven leidt tot een hogere milieudruk op natuur en milieu en daarmee de levering van andere ecosysteemdiensten in gevaar kan brengen. Ten derde zal, in het geval een technisch alternatief of import niet mogelijk is, de levering van de

¹ Met de vraag naar ecosysteemdiensten bedoelen we de potentiële vraag. Een voorbeeld is de vraag naar de ecosysteemdienst natuurlijke bestuiving van landbouwgewassen. Die wordt gevormd door alle gewassen die afhankelijk zijn van bestuiving (bijvoorbeeld appelbomen). Het aanbod wordt geleverd door wilde bestuivers afkomstig uit Nederlandse ecosystemen (bijvoorbeeld uit een heideveld).

ecosysteemdienst onvervuld blijven. Dit is bijvoorbeeld het geval bij waterzuivering, waardoor het grootste deel van het Nederlandse water niet voldoet aan de waterkwaliteitsnormen. En door het niet voldoen aan de vraag naar voldoende vastlegging van koolstof, neemt de CO₂-concentratie in de atmosfeer toe, met klimaatverandering als gevolg. In het geval van natuurlijk erfgoed betekent het dat soorten bedreigd worden met uitsterven.

Herkomst levering van goederen en diensten uit ecosystemen, 2020



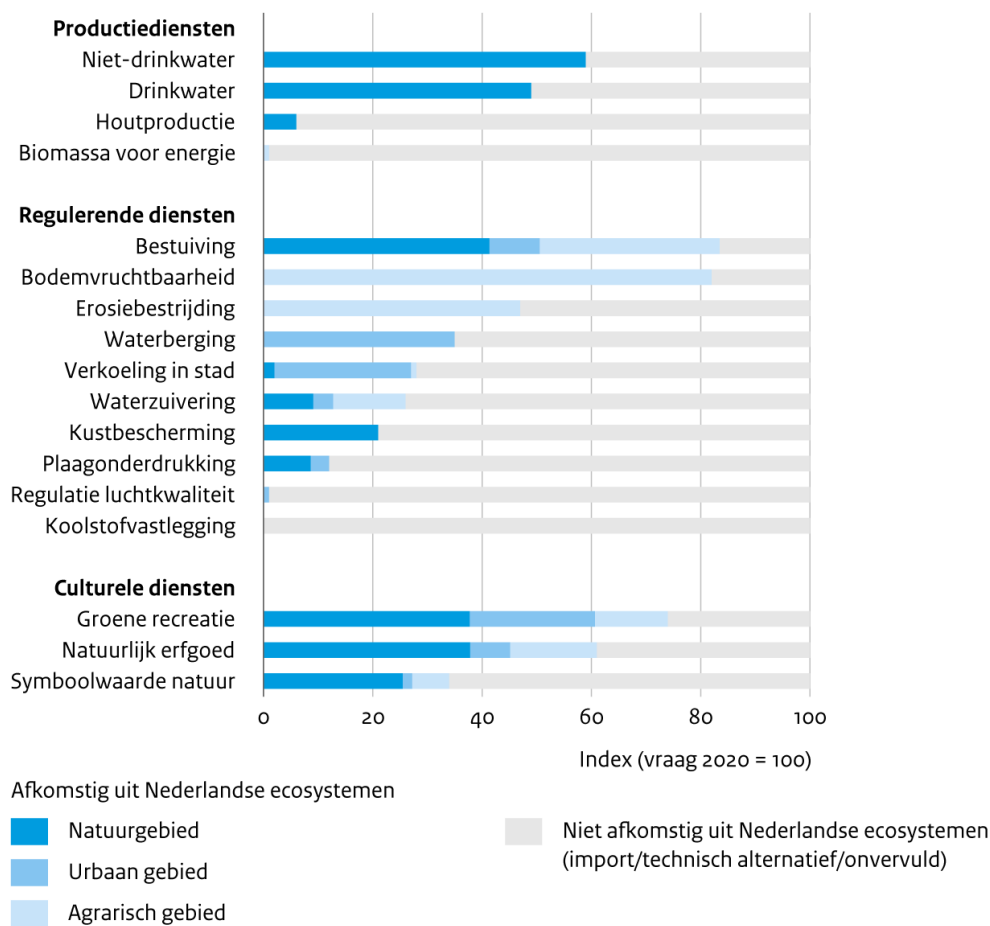
Bron: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/nl157202

Natuurgebieden hebben een groot aandeel in de levering van ecosysteemdiensten

Natuur, agrarisch en stedelijk gebied dragen in verschillende mate bij aan ecosysteemdiensten. Natuurgebieden leveren het breedste scala aan ecosysteemdiensten. Ook leveren natuurgebieden relatief gezien het grootste aandeel voor een groot aantal ecosysteemdiensten (derde figuur). Dit ondanks dat de oppervlakte natuur kleiner is dan de oppervlakte agrarisch gebied of bebouwd gebied. De mate waarin goederen en diensten worden geleverd of kunnen worden gecombineerd op één plek is afhankelijk van het landgebruik en beheer.

Relatief belang van gebieden voor levering van goederen en diensten uit ecosystemen, 2020



Bron: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/nl157202

Beleid gericht op behoud natuurlijk kapitaal en ecosysteemdiensten

Het besef dringt steeds verder door dat de natuur de basis van ons bestaan en onze economie vormt (LNV, IPO 2019). Op mondiaal, Europees, nationaal en provinciaal niveau zijn daarom doelstellingen geformuleerd voor het behoud en herstel en duurzaam gebruik van natuurlijk kapitaal. Zo streeft het Rijk samen met de provincies en gemeenten in Nederland naar een sterke en veerkrachtige natuur die bijdraagt aan het versterken van de brede welvaart (EZ 2013, LNV 2020). Het gaat daarbij, naast het realiseren van robuuste natuurgebieden van een goede kwaliteit, om de opgave om natuurlijke hulpbronnen, ons natuurlijk kapitaal, op een duurzame manier te benutten (EZ 2014, EC 2020). Gebruikers van natuur dienen niet langer alleen afwentelen op natuur, maar zelf ook een bijdrage te leveren aan de instandhouding van natuur en biodiversiteit (MinBiZa 2020). Uit het hier weergegeven overzicht van ecosysteemdiensten blijkt dat er in Nederland nog geen duurzaam gebruik van natuur is; er is een discrepantie tussen vraag en aanbod van ecosysteemdiensten en deze discrepantie wordt voor de meerderheid van de ecosysteemdiensten (10 van de 17) groter. Import en technische alternatieven om toch aan de vraag te voldoen, hebben veelal negatieve effecten op ecosystemen buiten of binnen Nederland.

Veel effecten van natuurlijk kapitaal op het welzijn en welvaart van de mens worden momenteel niet meegenomen in beleidsafwegingen en besluitvorming. Ambitie is dan ook om de aandacht en zorg voor biodiversiteit en natuurlijk kapitaal te verankeren in besluitvorming van bedrijven en andere partijen door de ontwikkeling en toepassing van methoden en data waarmee partijen hun impact op en afhankelijkheid van natuurlijk kapitaal kunnen meewegen (LNV 2019). Zoals ook de Wereldbank aangeeft, is er een nieuwe maat nodig om de output van een economie te meten: een maat die de

welvaart in zijn geheel bekijkt, inclusief de waarde van ons natuurlijk kapitaal. De hier gepresenteerde graadmeter is een eerste stap om een dergelijke maat te ontwikkelen.

Literatuur

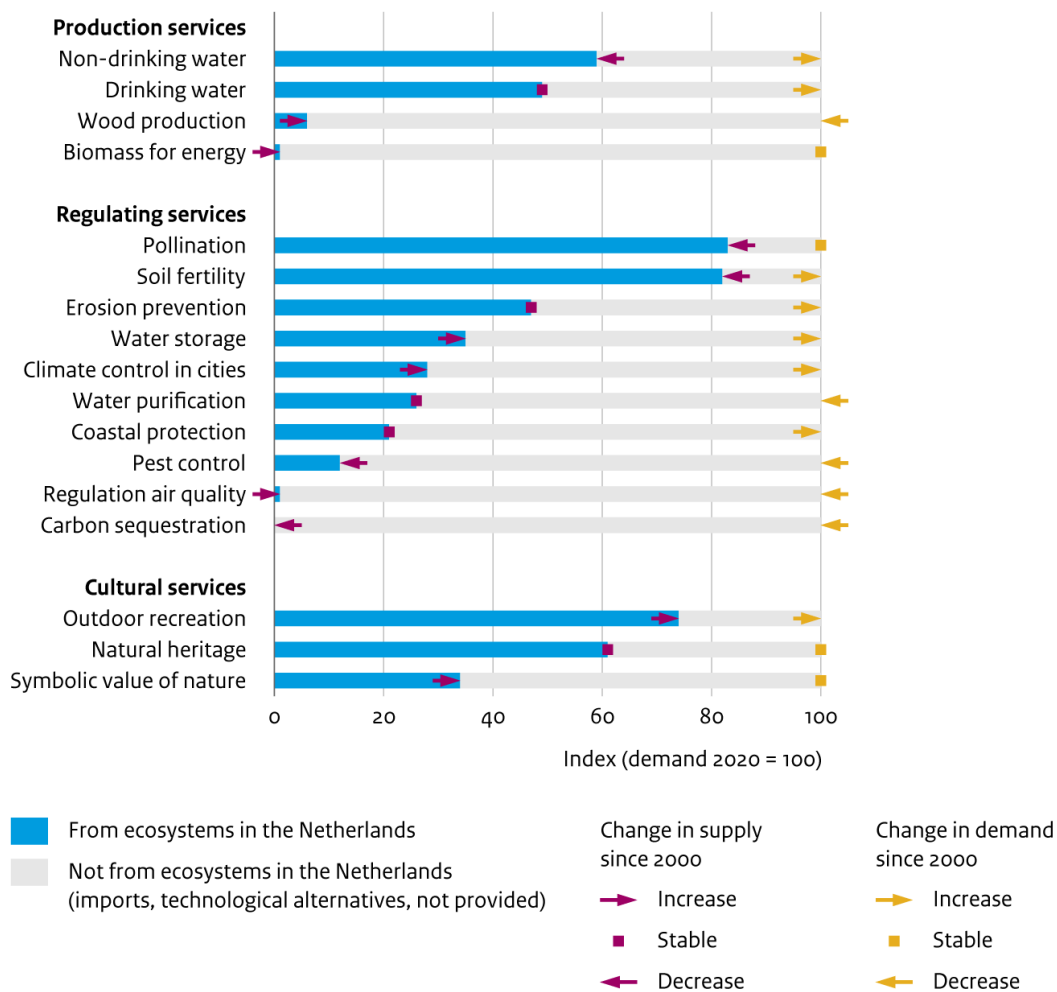
- EC (2020). [Bringing nature back to our lives: EU biodiversity strategy for 2030](#), COM (2020) 380 final (ed. EU), pp. 25, Brussels.
- EZ (2013). [Natuurpact ontwikkeling en beheer van natuur in Nederland](#). Ministerie van Economische Zaken en provincies. Den Haag.
- EZ (2014). Rijksnatuurvisie 2014 'Natuurlijk verder'. Ministerie van Economische Zaken. Den Haag.
- De Knegt et al. (2014). [Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland](#). WOt-technical report 13, Wageningen.
- De Knegt et al. (2020). Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020. Vraag, aanbod, gebruik en trends van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 197, Wageningen.
- LNV, IPO (okt 2019). Nederland Natuurpositief. Ambitiedocument voor een gezamenlijke aanpak in natuurbeleid. Publicatie-nr. 0919-120.
- LNV (2019). Programma Natuurlijk Ondernemen: Evaluatie en aanpak natuurlijk kapitaal. Ministerie van LNV. Den Haag.
- LNV (2020). Rijksbegroting 2020. Artikel 12 Natuur, biodiversiteit en gebiedsgericht werken.
- MinBiZa (2020). Definitieve Nationale Omgevingsvisie. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.

Deze samenvatting is een integrale weergave van de indicatorpagina op het Compendium voor de Leefomgeving, de referentie daarvan is: CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). [Goederen en diensten van ecosystemen in Nederland, update 2020](#) (indicator 1572, versie 02, 15 februari 2021). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

Summary

Dutch society uses a variety of goods and services provided by ecosystems. Although Dutch ecosystems make a valuable contribution to meeting the need for the sustainable provision of goods and services, they do not satisfy the entire demand. Over the past 20 years the demand for most ecosystem services has risen faster than the supply.

Supply of ecosystem goods and services, 2020



Source: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/en157202

Natural Capital and ecosystem services

Many of the goods and services provided to society by nature and the landscape go largely unnoticed. Examples include coastal protection by the dunes, pollination of food crops by insects and the provision of clean drinking water by soil ecosystems. Here we use the collective term 'ecosystem services' to mean the capacity of ecosystems to provide goods and services. This capacity of ecosystems is usually divided into (1) the provision of goods, such as food and wood, (2) the regulation of processes, such as the purification of water, and (3) the supply of cultural services, such as natural areas where people can relax, walk or cycle.

Ecosystem services contribute to social and economic welfare

The goods and services supplied by ecosystems are vital components of social and economic welfare. Clean air, for example, is important in the prevention of respiratory diseases and a green environment encourages people to exercise and is therefore a benefit to health. Besides having beneficial health effects, the conservation and restoration of natural capital is also of economic importance. It generates economic returns, such as the sale of wood and fish, and creates added value for tourism and the housing market, as well as reducing healthcare costs. Greater use of nature-based solutions also ensures a more sustainable use of the natural world.

The volumes of ecosystem services do not meet demand and the discrepancy is widening

Trends in the supply of goods and services from ecosystems in the Netherlands over the past 20 years or so differ according to the type of ecosystem service (see Figure, sheet 1). None of the goods and services provided meets the total demand.² Some ecosystem services meet just a fraction of the demand, such as biomass for energy and air quality regulation. Dutch ecosystems meet more than half of the demand for non-drinking water (e.g. for household uses such as washing, agricultural uses such as irrigation, and industrial uses), soil fertility, pollination, outdoor recreation and natural heritage. Since 2000 the net trend in most ecosystem services (10 of the 17) has been negative: demand is rising faster than supply. For one ecosystem service – natural heritage – the discrepancy between supply and demand has remained about the same; for six services (wood, biomass for energy, water purification, air quality regulation, carbon sequestration, symbolic value of nature) the discrepancy is narrowing.

Demand for eight ecosystem services has increased. Climate change is one of the main causes of the growing demand for the ecosystem services non-drinking water, water storage, coastal protection, climate control in cities and erosion prevention; the demand for erosion prevention has increased as a result of agricultural intensification; and the demand for outdoor recreation has increased mainly because the urban population has grown and people have more free time as the population ages. The demand for wood, pest control, water purification, air quality regulation and carbon sequestration has declined. For the last three the decline in demand was due to lower emissions of pollutants and CO₂.

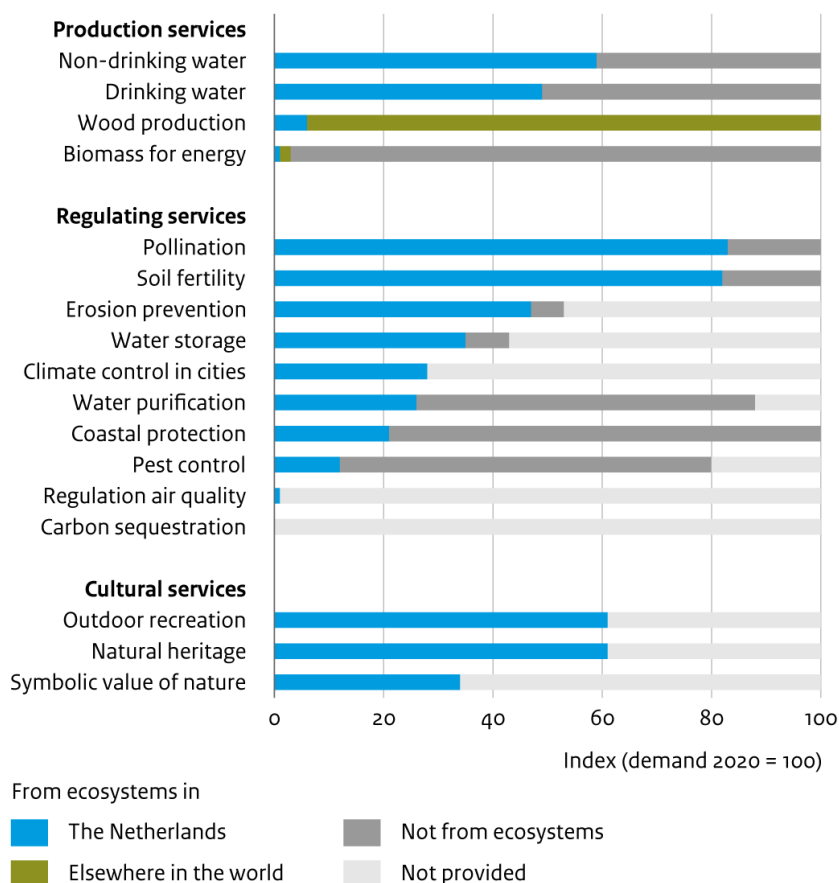
Besides these trends in demand, the supply side is also changing. There have been increases in the supply of provisioning services, particularly food, energy from biomass and wood. The ecosystem services of water storage, climate control in cities, air quality regulation and possibilities for outdoor recreation have increased because there has been a small increase in green space in urban areas. The provision of non-drinking water and the regulating services of soil fertility, pollination, and pest control have declined. These declines are mainly caused by agricultural intensification.

Delivery of services also possible via imports or technology

Where demand is not being met in full (Figure, sheet 2) there are three possible scenarios. First, a number of ecosystem services can be imported to meet the unfulfilled demand. This is the case for wood, for example. However, these imports increase the ecological footprint in the exporting countries. It is generally not possible to import regulating and cultural services, because they have to be provided at the places where there is a demand for them. Second, technological alternatives can be used. For example, if there is a shortage of soil fertility, the application of chemical fertiliser and irrigation can bring crop yields up to the required levels and pesticides can be used where there is insufficient natural pest control. The disadvantage of this is that the use of technological alternatives leads to greater pressure on nature and the environment and can therefore endanger the provision of other ecosystem services. Third, where imports and technology cannot provide adequate alternatives, some of the demand for the ecosystem services in question may remain unsatisfied. This is especially the case for water purification, which means that most of the water bodies in the Netherlands do not meet water quality standards, and the failure to meet the required level of carbon sequestration is why the CO₂ concentration in the atmosphere is rising, with climate change as a consequence. For the natural heritage, it means that some species are threatened with extinction.

² By demand for ecosystem services we mean potential demand. An example is the demand for the ecosystem service natural pollination of agricultural crops, which consists of all crops that depend on pollination (e.g. apple trees). This demand is met by wild pollinators from Dutch ecosystems (e.g. from heathland).

Source of ecosystem goods and services, 2020



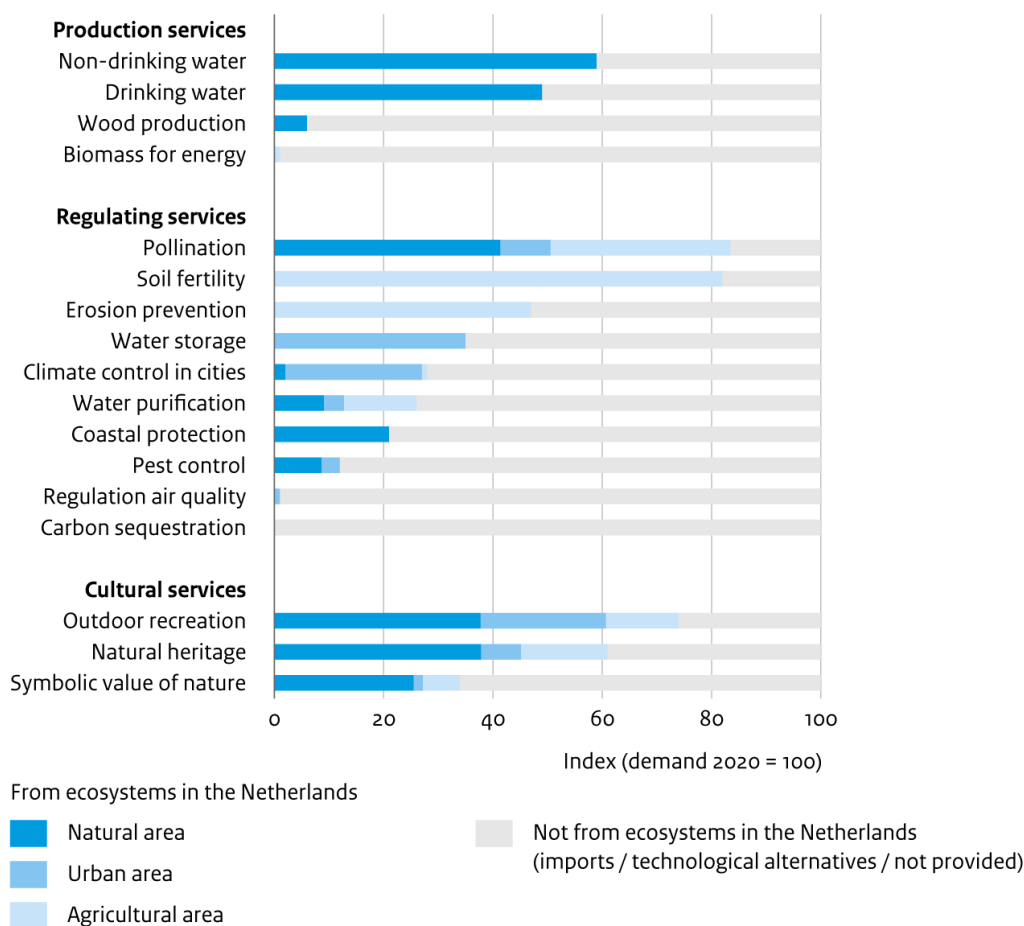
Source: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/en157202

Natural areas make a major contribution to the supply of ecosystem services

Natural areas, agricultural land and urban areas all contribute to ecosystem services in their own way and to different degrees. Natural areas deliver the broadest range of ecosystem services. Relatively speaking, they also provide the largest proportions of many ecosystem services (see Figure sheet 3), despite the fact that the area of natural and semi-natural habitat is considerably smaller than agricultural and urban areas. The degree to which goods and services are supplied or can be combined in one place depends on the use of the land and how it is managed.

Relative importance of areas for the supply of ecosystem goods and services, 2020



Source: Wageningen Environmental Research 2020

WUR/jan21
www.clo.nl/en157202

Policy on the conservation of natural capital and ecosystem services

There is a growing realisation that nature is the foundation of our economy and of our very survival (LNV, IPO 2020). At the global, European, national and provincial scales, therefore, goals have been formulated for the conservation, restoration and sustainable use of natural capital. The national, provincial and local governments in the Netherlands have set the goal of ensuring a strong and resilient nature that contributes to wellbeing – to social and economic welfare in the broadest sense (EZ 2013, LNV 2020). Besides establishing robust natural areas of good ecological quality, this also entails the sustainable use of natural resources, our natural capital (EZ 2014, EC 2020). Users of natural resources must no longer pass on the environmental costs to nature but themselves make a contribution to nature and biodiversity (MinBiZa 2020). This summary review of ecosystem services shows that nature in the Netherlands is not being used in a sustainable way: there is a discrepancy between the supply of ecosystem services and the demand for them, and for many ecosystem services (10 of the 17) this discrepancy is widening. The use of imports and technology to meet demand has many negative impacts on ecosystems outside and inside the Netherlands.

Many of the effects of natural capital on social and economic welfare are currently not included in policy considerations and decision-making. The ambition is to apply the attention and care for biodiversity and natural capital into the decision making process of businesses and other parties through the development and application of methods and data by which stakeholders can weigh in their impact and dependence of natural capital (LNV 2019). As the World Bank has indicated, a new measure of economic output is needed: a measure that encompasses wellbeing in its entirety, including the value of our natural capital. The indicator presented here is a first step towards the development of such a measure.

Literature

- EC (2020). [Bringing nature back to our lives: EU biodiversity strategy for 2030](#), COM (2020) 380 final (ed. EU), pp. 25, Brussels.
- EZ (2013). [Natuurpact ontwikkeling en beheer van natuur in Nederland](#). Ministerie van Economische Zaken en provincies. Den Haag.
- EZ (2014). Rijkswaardvisie 2014 'Natuurlijk verder'. Ministerie van Economische Zaken. Den Haag.
- De Kneegt et al. (2014). [Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland](#). WOt-technical report 13, Wageningen.
- De Kneegt et al. (2020). Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020. Vraag, aanbod, gebruik en trends van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 197, Wageningen.
- LNV, IPO (okt 2019). Nederland Natuurpositief. Ambitiedocument voor een gezamenlijke aanpak in natuurbeleid. Publicatie-nr. 0919-120.
- LNV (2019). Programma Natuurlijk Ondernemen: Evaluatie en aanpak natuurlijk kapitaal. Ministerie van LNV. Den Haag.
- LNV (2020). Rijksbegroting 2020. Artikel 12 Natuur, biodiversiteit en gebiedsgericht werken.
- MinBiZa (2020). Definitieve Nationale Omgevingsvisie. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.

This summary is a reproduction of the indicator page in the Environmental Data Compendium: CBS, PBL, RIVM, WUR 2020. Ecosystem goods and services in the Netherlands, update 2020 (indicator 1572, version 02, 15 February 2021). www.clo.nl. Statistics Netherlands (CBS), The Hague; Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), The Hague; National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven; Wageningen University and Research, Wageningen.

Algemeen

Introductie

Er is vanuit beleid en onderzoek behoefte aan een update van de Graadmeter Natuurlijk Kapitaal, waarvan in 2014 een eerste versie is gemaakt (graadmeter diensten van natuur). De geactualiseerde graadmeter kan worden gebruikt in de Balans van de Leefomgeving, het Compendium voor de Leefomgeving, de Natuurverkenningen en/of de Lerende Evaluatie van het Natuurpact en eventueel voor de doorrekening van de klimaattafels.

Doelstelling

Doelstelling is het updaten van de bestaande graadmeter die in beeld brengt hoe vraag en aanbod van ecosysteemdiensten zich in Nederland tot elkaar verhouden. Daarnaast is het doel om de trend van vraag en aanbod van ecosysteemdiensten in Nederland weer te geven. De Graadmeter Natuurlijk Kapitaal is daarmee een thermometer van het Nederlandse natuurlijke kapitaal, het duurzaam gebruik ervan en van ecosysteemdiensten.

Vergelijking huidige resultaten met de vorige versie

In 2014 is een eerste versie van deze graadmeter gemaakt. Er is een aantal verschillen van de huidige graadmeter ten opzichte van de 2014-versie van de graadmeter:

1. De ecosysteemdienst voedselproductie is afgevallen (zie hoofdstuk 5). De ecosysteemdienst regulatie luchtkwaliteit (zie hoofdstuk 6) is toegevoegd.
2. De methode voor de diensten bestuiving, bodemvruchtbaarheid, waterberging, verkoeling in de stad, waterzuivering en koolstofvastlegging zijn als gevolg van voortschrijdend inzicht aangepast. Omdat de methode verbeterd is, gaan we inhoudelijk niet in op de oorzaak van de verschillen. We gaan ervan uit dat de hier gepresenteerde resultaten methodisch een verbetering zijn ten opzichte van de vorige versie van de graadmeter.

Betrouwbaarheid en volledigheid resultaten

De resultaten zijn op basis van expert judgement gescoord op de betrouwbaarheid van de onderliggende gegevens en van de compleetheid conform De Knecht et al. (2014; bijlage 2). De inschattingen op beide aspecten laten zien dat de betrouwbaarheid en volledigheid wisselt per ecosysteemdienst en dat er geen ecosysteemdiensten zijn die de hoogste score halen voor volledigheid en betrouwbaarheid. Ondanks dat er gebruik is gemaakt van de best beschikbare kennis, dienen de resultaten daarom met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Overige opmerkingen

Teksten zijn niet altijd van het Engels naar het Nederlands vertaald en lopen soms door elkaar. Dat maakt het lezen niet altijd even gemakkelijk.

Aanbevelingen voor vervolg

Niet alle ecosysteemdiensten kunnen op een snelle en methodisch consistente manier geüpdatet worden. Daar wordt momenteel aan gewerkt. De update-frequentie wordt beoogd op circa eens per vijf jaar. Voorts is het zaak de ontbrekende ecosysteemdiensten toe te voegen (bijvoorbeeld voedselproductie) en de volledigheid en betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten.

Leeswijzer

In de volgende hoofdstukken wordt de onderbouwing van de resultaten gegeven. Er wordt voortgeborduurd op de resultaten van de vorige versie van de graadmeter (De Knecht et al., 2014). Zonder dat rapport is dit rapport lastig te lezen. Per hoofdstuk komen steeds de volgende zaken aan de orde: de samenvatting van de resultaten, een korte uitleg van de werking van de ecosysteemdienst, de gebruikte methode, de resultaten, een korte beschouwing van de kwaliteit van de resultaten en de literatuur.

1 Houtproductie

Auteur: Kees Hendriks (WENR), Bart de Knecht (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag: 6,3%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: afname
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: B. vrijwel volledig
 - Volledigheid: C. bevat enkele aspecten

1.1 Werking van de ecosystemendienst

Zie De Knecht (ed.) 2014.

1.2 Methode

Zie De Knecht (ed.) 2014.

1.3 Resultaten

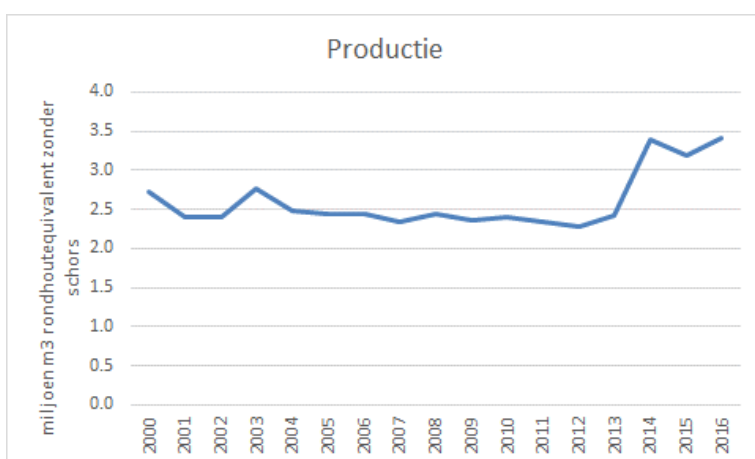
Uit: CBS, PBL, RIVM, WUR (2018), aangevuld met updatecijfers tot en met 2018 (niet in grafiekvorm beschikbaar).

Gebruik en aanbod

In 2018 bedroeg het verbruik van hout en houtproducten in Nederland 15,5 miljoen m³ (rondhout-equivalent). Hiervan werd 34% toegepast bij de productie van papier en karton en 23% als gezaagd hout. Van het verbruik kwam 21% uit Nederlandse bossen. Exclusief energiehout (zie hoofdstuk 3) was de zelfvoorzieningsgraad 6,3%.

Trend aanbod

De productie van hout is toegenomen van rond de 2,5 miljoen m³ rondhout-equivalenten zonder schors in de periode voor 2014 tot bijna 3,3 miljoen m³ in 2018 (figuur 1.1).



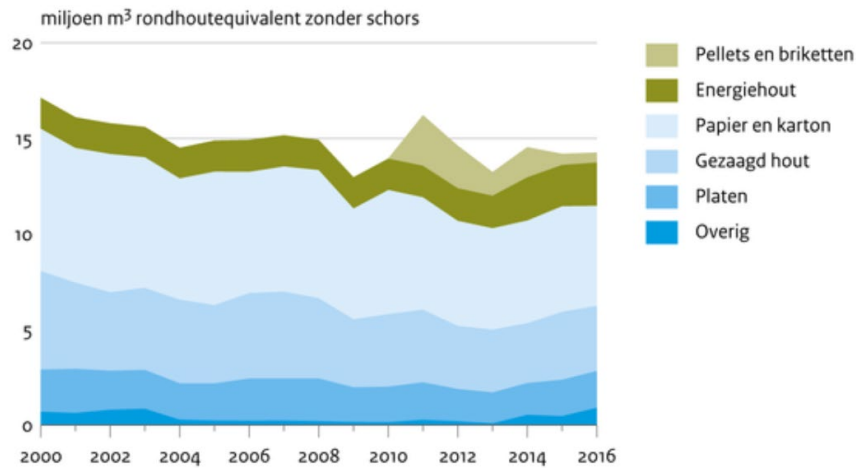
Figuur 1.1 Ontwikkeling houtproductie in Nederland.

Trend verbruik

Houtverbruik

In 2016 is in Nederland 15,5 miljoen m³ (rondhout-equivalent) aan hout en houtproducten verbruikt (figuur 1.2). Hiervan werd 34% toegepast bij de productie van papier en karton, 24% als gezaagd hout, 20% als energiehout (incl. haardhout), 14% als plaatmaterialen, 4% als energiepellets en 5% als 'overige houtproducten'.

Verbruik van hout naar toepassing



Bron: Probos

CBS/jul18
www.clo.nl/nl007016

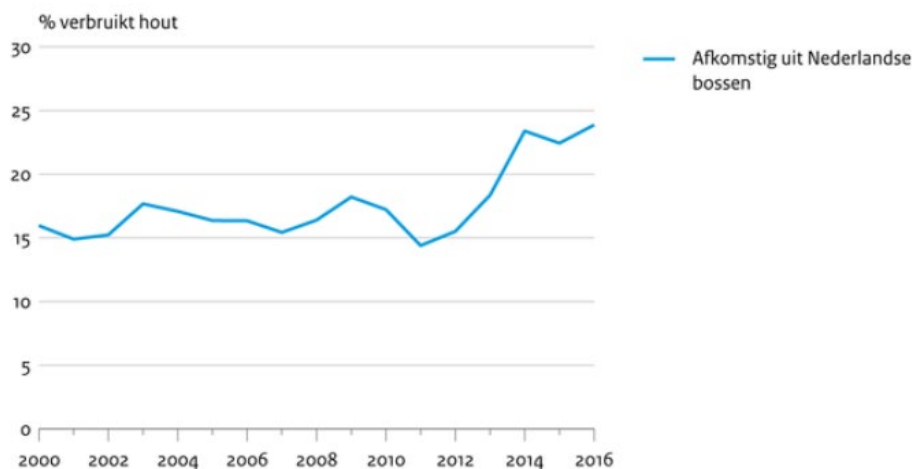
Figuur 1.2 Verbruik van hout naar toepassing in Nederland.

Zelfvoorzieningsgraad

In 2018 kwam van het totale Nederlandse houtverbruik (inclusief energiehout) 21,3% uit het Nederlandse bos (figuur 1.3). Exclusief energiehout was de zelfvoorzieningsgraad 6,3%.

In 2017 was de zelfvoorzieningsgraad (inclusief energiehout) met 23,9% 2,6 procentpunt hoger. Dit is het gevolg van een lagere binnenlandse productie met 0,9 miljoen m³ rondhout-equivalent en een hogere netto-invoer met 1,6 miljoen m³ rondhout-equivalent.

Zelfvoorzieningsgraad hout



Bron: Probos

CBS/jul18
www.clo.nl/nl007001

Figuur 1.3 Zelfvoorzieningsgraad hout in Nederland.

Invoer

Het overgrote deel van het hout en de houtproducten in Nederland wordt ingevoerd uit het buitenland. In 2018 kwam ruim 90% uit de Europese Unie; tropisch hout nam 1,8% van de invoer in.

Met 12,5 miljoen m³ (rondhout-equivalent) was de netto-invoer (= invoer minus uitvoer) in 2016 iets lager dan in 2017 (10,9 miljoen m³). Deze stijging ten opzichte van 2017 is vooral veroorzaakt door een stijging van de import van houtige materialen.

Certificering

In 2017 kon 84,7% van het gezaagde hout en plaatmateriaal op de Nederlandse markt als 'aantoonbaar duurzaam geproduceerd' worden aangemerkt. In 2008 was dit nog 33,5%, in 2011 65,7% en in 2013 74%.

Van het volume primaire houtproducten op de Nederlandse markt dat aantoonbaar duurzaam was geproduceerd, had in 2015 53% het FSC-certificaat en 31% het PEFC-certificaat.

Inkoopcriteria duurzaam hout en houtproducten

In juni 2008 zijn door de toenmalige minister van VROM de inkoopcriteria voor duurzaam hout vastgesteld. De inkoopcriteria bevatten principes en criteria voor (1) duurzaam bosbeheer, (2) de handelsketen (CoC) en (3) het ontwikkelen, toepassen en beheren van certificeringssystemen.

De Timber Procurement Assessment Committee (TPAC) toetst verschillende certificeringssystemen voor duurzaam bosbeheer en de handelsketen aan deze inkoopcriteria. Op deze wijze wordt bepaald welke certificaten voor aantoonbaar duurzaam geproduceerd hout voldoen aan de eisen van de Nederlandse overheid. Het is uiteindelijk aan het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om op basis van de toetsing van TPAC te bepalen of het getoetste certificeringssysteem geaccepteerd wordt als duurzaam binnen het duurzaam inkoopbeleid. Op dit moment zijn FSC internationaal en PEFC internationaal geaccepteerd binnen het Nederlandse inkoopbeleid. MTCS, dat onder PEFC internationaal valt, is pas sinds 2 juni 2014 toegelaten als aantoonbaar duurzaam. Daarom zijn de volumes die onder dit certificaat op de Nederlandse markt zijn gebracht in 2013 niet verwerkt in het marktaandeel en bevatten de volumes die in 2015 op de Nederlandse markt zijn gebracht, wel hout met MTCS (PEFC-Maleisië-)certificaat.

EU-houtverordening

Sinds 3 maart 2013 is de EU-houtverordening van kracht. Deze verordening maakt het op de Europese markt brengen van illegaal gekapt hout strafbaar. Iedere partij die hout voor het eerst op de Europese markt brengt, is verplicht om door middel van het toepassen van een stelsel van zorgvuldigheidseisen (ook wel due diligence genoemd) er zorg voor te dragen dat zij geen illegaal gekapt hout op de Europese markt brengt.

De EU-houtverordening heeft niet alleen betrekking op tropisch hout, maar ook op gematigde houtsoorten en een breed scala aan houtproducten. De NVWA controleert de naleving van de EU-houtverordening. In de lente van 2015 is een rapport over de EU-houtverordening in Nederland opgesteld. Van maart 2013 tot maart 2016 heeft de NVWA 150 controles uitgevoerd. Bij 1 op de 4 bedrijven werd daarbij een tekortkoming geconstateerd. Bij herinspecties bleek dat bedrijven ervoor gekozen hadden alleen nog gecertificeerd hout in te kopen, met andere leveranciers zijn gaan werken in landen waar de houtoogst en verwerking goed gecontroleerd zijn of gestopt zijn met zelf importeren.

FLEGT

Binnen het FLEGT Actieplan (Forest Law Enforcement, Governance and Trade; 2013) sluit de EU vrijwillige partnerovereenkomsten (VPA's) af met landen om handel in illegaal gekapt hout tegen te gaan. Om het FLEGT-vergunningstelsel daadwerkelijk in te laten gaan, moet een VPA nog door de EU worden geratificeerd (van kracht worden verklaard). Per partnerland wordt bepaald welke typen houtproducten in de VPA worden opgenomen. Door middel van een vergunningensysteem moet voor hout en houtproducten die uit een partnerland de Europese Gemeenschap worden ingevoerd, bij de douane met FLEGT-vergunning aangegeven worden. De NVWA is de bevoegde autoriteit in Nederland die de FLEGT-verordening handhaaft.

Begin 2018 zijn er VPA's met zes landen ondertekend: de Centraal-Afrikaanse Republiek, Ghana, Kameroen, de Republiek Congo, Liberia en Indonesië. Hiervan is alleen de VPA met Indonesië geratificeerd. Dit betekent dat vanaf het moment van ratificatie (2016) er FLEGT-vergunningen moeten worden afgegeven door Indonesië voor zendingen hout, papier en houtpulp en een aantal soorten houten meubels.

Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal

Het Beleidsprogramma Biodiversiteit is met ingang van 2013 beëindigd en opgevolgd door de Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal. De Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal is minder specifiek gericht op de natuurlijke hulpbron hout, maar is breder gericht op het behoud en het duurzaam gebruik van biodiversiteit.

De belangrijkste ketens waar het in de Uitvoeringsagenda om draait, zijn die van soja, palmolie, cacao, koffie, thee, hout, biomassa en groente, fruit en bloemen. Het algemene streven van de Uitvoeringsagenda is door een aanpak in internationaal verband van de gehele keten, de belangrijkste agrogrondstoffenketens met een grote impact op biodiversiteit in 2020 te laten voldoen aan de duurzaamheidscriteria op het gebied van biodiversiteit.

Bevorderen duurzaam bosbeheer

Eind 2015 is de Green Deal Bewust met Hout afgerond. Om duurzaam hout tot gemeengoed te maken in Nederland en een impuls te geven aan duurzaam bosbeheer, hebben 27 partijen uit de hele houtketen deze Green Deal ondertekend. Uit een knelpuntenanalyse onder de achterban van de betrokken partijen bleek dat communicatie tussen vragende en aanbiedende partijen beter kon. Ook bleek dat consumenten niet bewust met duurzaam hout bezig zijn, waardoor het initiatief om duurzaam hout te leveren primair bij de houtketen zelf ligt. Als laatste kwam de wens naar voren om de administratie rondom certificering te vereenvoudigen. Binnen de Green Deal hebben de partijen samen afspraken gemaakt hoe belemmeringen voor duurzaam hout weggenomen kunnen worden en is het draagvlak voor duurzaam hout bij de achterban gestimuleerd.

In oktober 2016 is de opvolger van de Green Deal Convenant Bevorderen Duurzaam Bosbeheer van start gegaan. Binnen dit convenant streven 24 partijen ernaar om duurzaam geproduceerd hout de norm te maken. In het convenant werken de partijen verder aan acties uit de eerder opgestelde knelpuntenanalyse om in de gehele houtketen het internationaal maatschappelijk verantwoord ondernemen te versterken.

Wat is rondhout-equivalent?

De Nederlandse houtbalans beschrijft de productie, de invoer, de uitvoer en het verbruik van hout en houtproducten. Om de verschillende houtproducten te kunnen optellen, zijn in de tabel alle hoeveelheden omgerekend naar m³ rondhout-equivalent zonder schors. Een rondhout-equivalent is de hoeveelheid rondhout die nodig is om een bepaald product te maken. Meer informatie hierover is te vinden in de technische toelichting.

1.4 Kwaliteit van de resultaten

1.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, **B. vrijwel volledig**, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement.

1.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, B. bevat belangrijkste aspecten, **C. bevat enkele aspecten**

Zie De Knecht (ed.) 2014.

1.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

1.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.), 2014 voor literatuur. Aanvullingen daarop zijn:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2018). Balans voor hout en houtproducten voor Nederland, 2000 -2016 (graadmeter 0070, versie 16, 2 juli 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

Probos Kerngegevens bos en hout in Nederland (website <http://www.bosenhoutcijfers.nl/> geraadpleegd 5-6-2020)

2 Biomassa voor energie

Auteur: Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 1%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: stabiel
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement
 - Volledigheid: A. (vrijwel) volledig

2.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

2.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

2.3 Resultaten

Uit: CBS, PBL, RIVM, WUR (2019)

Gebruik en aanbod

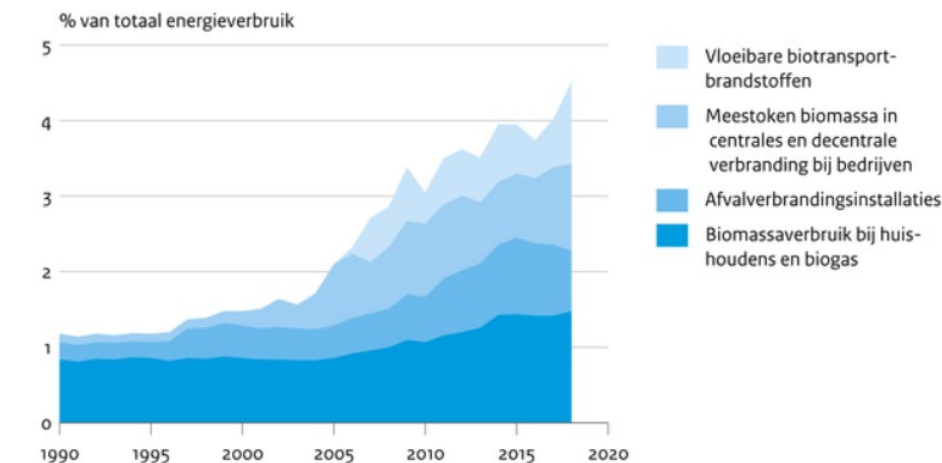
In 2018 kwam het aandeel biomassa uitgedrukt als totaal van het energieverbruik uit op 4,5%. Dat komt neer op circa 95 PJ (petajoule). Als gecorrigeerd wordt voor het aandeel van de biomassa dat geïmporteerd wordt (ca. 51%, CE Delft, 2011) en als gecorrigeerd wordt voor het aandeel van het hout en voedsel dat al eerder geïmporteerd is, komen we op een percentage van 27% van de biomassa dat daadwerkelijk uit Nederlandse ecosystemen komt (zie De Knegt et al., 2014).

Groenestijn et al. (2019) noemen voor het jaar 2017 een import van biomassa energiedragers van 24 PJ op een totaalgebruik van 123 PJ, wat neerkomt op ca. 20%, maar 2017 was een jaar met een dip in de houtpellet-invoer, waardoor het gemiddelde percentage hoger ligt. Als we de huidige 4,5% vermenigvuldigen met deze 27%, komen we uit op een percentage van 1,22 van de biomassa dat afkomstig is uit Nederlandse ecosystemen.

Trend aanbod

Het aanbod van biomassa voor energieopwekking is gestegen van 1,47% in het jaar 2000 naar 4,5% in het jaar 2018 (figuur 2.1). Hernieuwbare energie wordt verbruikt in de vorm van warmte, elektriciteit en biobrandstoffen voor vervoer. In 2018 is het verbruik van hernieuwbare warmte met bijna 4 PJ toegenomen. Hernieuwbare elektriciteit steeg met ruim 5 PJ. Het verbruik van biobrandstoffen voor vervoer steeg in 2018 met ruim 8 PJ. Van het totale verbruik van hernieuwbare energie van ongeveer 157 PJ in 2018 was ruim 21 PJ bestemd voor vervoer.

Eindverbruik biomassa



Bron: CBS

CBS/aug19
www.clo.nl/nlo38535

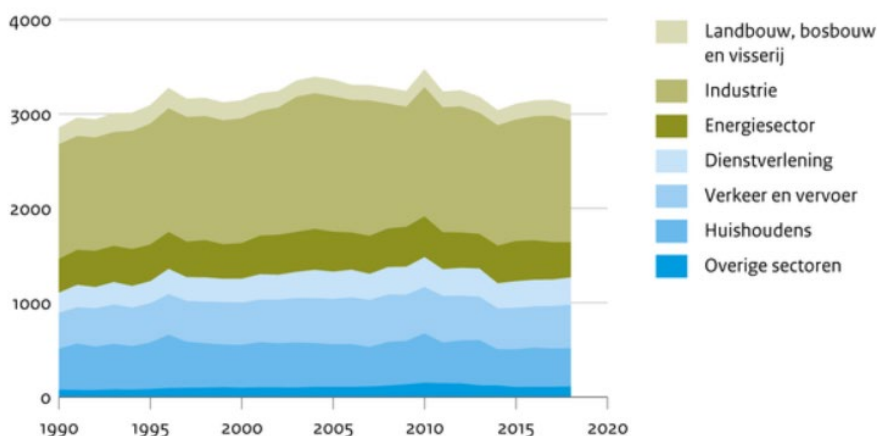
Figuur 2.1 Eindverbruik biomassa. Bron: CBS (2019a).

De binnenlandse productie van biomassa voor energie is toegenomen van 49.412 TJ (terajoule) in 2013 tot 56.027 TJ in 2018 (CBS, 2019c). Deze productie bestaat uit houtpellets, afvalhout, houtchips, vers houtblokken, restproducten uit primaire landbouw en restproducten uit de agro-industrie en overige niet-houtige biomassa. Daarnaast is er ook import (4.772 TJ) en export (10.738 TJ) van biomassa geweest in 2018.

Trend vraag

Het energieverbruik is in Nederland sinds het jaar 2000 eerst toegenomen en daarna weer afgenomen. Daardoor komen we in 2018 (3099,5 PJ) ongeveer op het niveau van het jaar 2000 (3145,5 PJ) uit (figuur 2.2). Daarmee kunnen we de trend van de vraag min of meer stabiel noemen.

Energieverbruik naar sector



Bron: CBS

CBS/aug19
www.clo.nl/nlo05222

Figuur 2.2 Energieverbruik naar sector. Bron: CBS (2019b).

2.4 Kwaliteit van de resultaten

2.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

2.4.2 Volledigheid

Volledigheid: **A. (vrijwel) volledig**, B. bevat belangrijkste aspecten, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

2.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

2.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.), 2014 voor literatuur. Aanvullingen daarop zijn:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2019a). Verbruik van hernieuwbare energie 1990-2018 (graadmeter 0385, versie 35, 20 augustus 2019). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS, PBL, RIVM, WUR (2019b). Energieverbruik per sector, 1990-2018 (indicator 0052, versie 22, 8 augustus 2019). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS (2019c). Hernieuwbare energie in Nederland 2019.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

Groenestijn, J. van, P. Harmsen, H. Bos (2019). Alles wat je wilde weten over biomassa maar nooit durfde te vragen. Wageningen Food & Biobased Research. Wageningen

3 Drinkwater

Auteurs: Monique van der Aa (RIVM), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag: 49%
- Trend aanbod: stabiel
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: A. (vrijwel) volledig

3.1 Werking van de ecosystemendienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

3.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

3.3 Resultaten

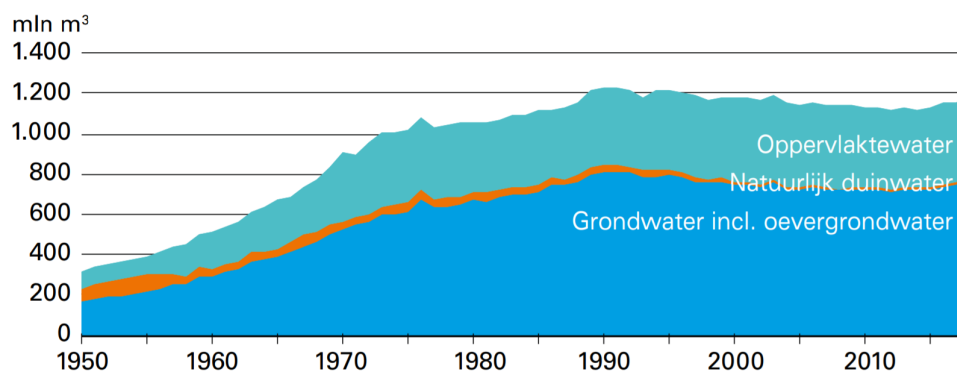
Gebruik en aanbod

Zie De Knegt (ed.) 2014. De hoeveelheden water per bron (grondwater, oppervlaktewater, oevergrondwater, oppervlaktewater en duinwater) zijn geüpdatet (VEWIN 2017). Dit leidt echter niet tot een ander getal dan gerapporteerd in 2014 (De Knegt et al., 2014) en komt neer op 49%.

Trend aanbod

De productie in mln m³ drinkwater is tussen 2000 en 2018 eerst gedaald en toen weer gestegen naar het niveau van 2000 (figuur 3.1). Daarmee is het aanbod stabiel.

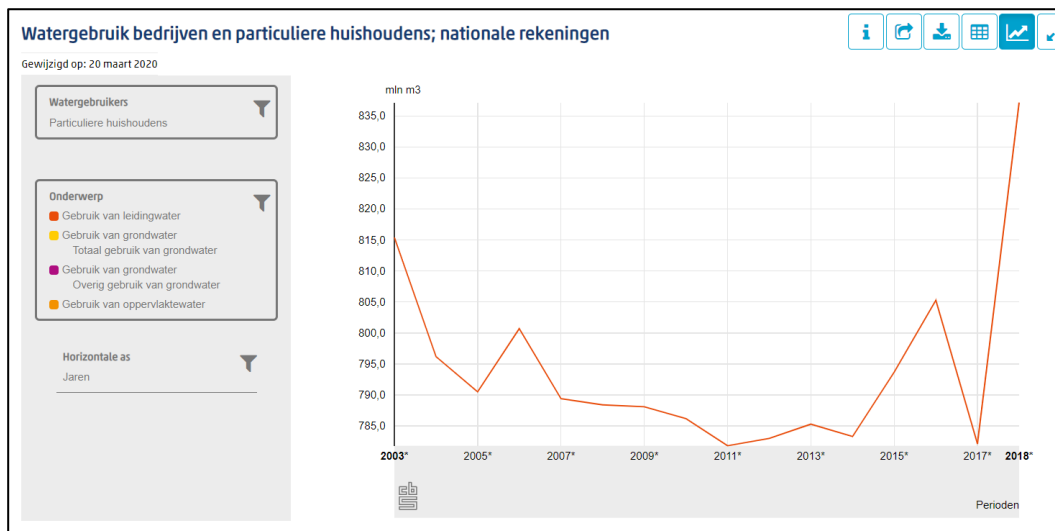
Productie drinkwater naar bron



Figuur 3.1 Productie drinkwater naar bron. Bron: VEWIN (2018).

Trend vraag

De vraag naar drinkwater is toegenomen, vooral in de laatste jaren is de toename groot als gevolg van de droogte en de hitte (figuur 3.2). De grafiek toont geen gegevens voor 2019 en 2020, maar ook 2019 en 2020 behoren tot de droogste gemeten jaren (KNMI 2020).



Figuur 3.2 Het aantal miljoen liters waterverbruik. Bron: CBS (2020).

3.4 Kwaliteit van de resultaten

3.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

3.4.2 Volledigheid

Volledigheid: **A. (vrijwel) volledig**, B. bevat belangrijkste aspecten, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

3.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

3.5 Literatuur

Zie De Knecht (ed.), 2014 voor literatuur. Aanvullingen daarop zijn:

CBS (2020). Statline. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82883NED/table?dl=1A42C>

De Knecht et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOT-technical report 13, Wageningen.

KNMI (2020) <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/historisch-neerslagtekort>.

Vewin en TNS NIPO (2017). Drinkwaterstatistieken 2012. De watercyclus van bron tot kraan. Vewinnr. 2012/110/6259.

VEWIN (2019). Kerngegevens drinkwater 2019.

4 Niet-drinkwater

Auteur: Bart de Knegt

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 59%
- Trend aanbod: afname
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: A. (vrijwel) volledig

4.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

4.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

4.3 Resultaten

Aanbod en gebruik & trendaanbod

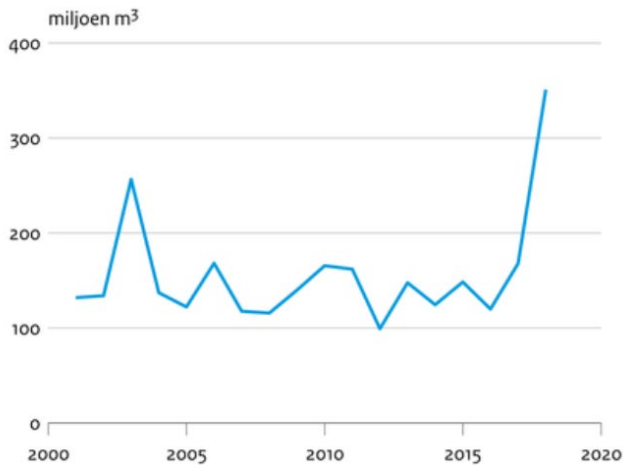
Er zijn geen nieuwe gegevens met betrekking tot deze ecosysteemdienst. De resultaten van de vorige analyse uit 2014 zijn integraal overgenomen. Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag komt neer op 59% (De Knegt et al., 2014).

Trend vraag

Resultaten van de trend van het gebruik van water voor niet-drinkwaterdoeleinden binnen huishoudens is toegenomen, vooral als gevolg van de droge jaren 2018, 2019 en 2020. Zie hoofdstuk 4.

Uit recente resultaten van het gebruik van water in de land- en tuinbouw (figuur 4.1), zoals voor beregening van gewassen, zien we dat de trend toenemend is tot 2018. Omdat 2019 en 2020 behoren tot de droogste jaren (KNMI 2020), nemen we aan dat het waterverbruik voor 2019 en 2020 ook hoger dan gemiddeld uitvalt.

Watergebruik land- en tuinbouw



Bron: Wageningen Economic Research, CBS

CBS/apr20
www.clo/001q14

Figuur 4.1 Watergebruik in de land- en tuinbouw.

Watergebruik voor niet-drinkdoeleinden door de industrie vertoont door het droge jaar 2018 een toename (CBS, 2020) (figuur 4.2). Aangenomen wordt dat deze toename ook in de droge jaren 2019 en 2020 heeft doorgezet.

Watergebruik bedrijven en particuliere huishoudens; nationale rekeningen

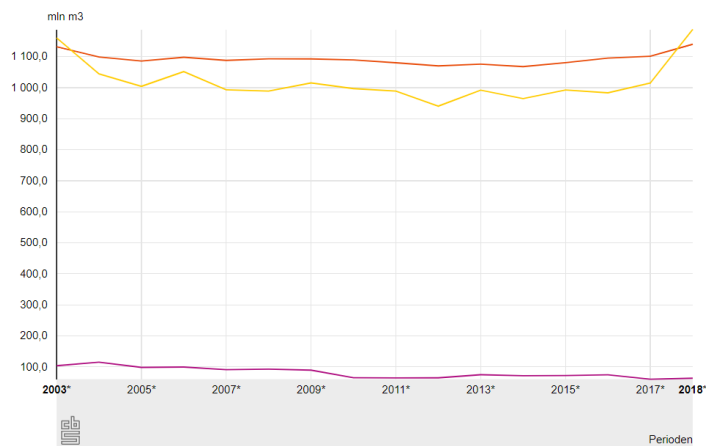
Gewijzigd op: 20 maart 2020

Watergebruikers
Totaal watergebruikers

Onderwerp

- Gebruik van leidingwater
- Gebruik van grondwater
- Totaal gebruik van grondwater
- Gebruik van grondwater
- Gebruik van grondwater voor koeling

Horizontale as
Jaren



Figuur 4.2 Winning en gebruik van water door industrie.

Water dat gebruikt wordt voor koeling is veruit de grootste hoeveelheid water dat voor niet-drinkwater doeleinden wordt gebruikt (meer dan 13.000 mm²). Deze gegevens zijn niet afgebeeld. Voor dit doel wordt vooral gebruikgemaakt van zoet en zout oppervlaktewater. Het gebruik sinds 1995-2016 is toegenomen en sinds het jaar 2000 tot 2016 is er sprake van een stabiele trend (CBS, PBL, RIVM, WUR (2020)).

4.4 Kwaliteit van de resultaten

4.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

4.4.2 Volledigheid

Volledigheid: **A. (vrijwel) volledig**, B. bevat belangrijkste aspecten, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

4.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-**iu7**

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

4.5 Literatuur

Zie De Knecht (ed.) 2014. Aanvullingen daarop zijn:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). Waterwinning en watergebruik in Nederland, 1976-2018 (indicator 0057, versie 14, 7 mei 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS (2020). Statline. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82883NED/table?dl=1A42C>

De Knecht et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

KNMI (2020) <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/historisch-neerslagtekort>.

5 Voedselproductie

Voor voedselproductie is er geen update van de cijfers gemaakt. De reden daarvan is dat we voornemens zijn in de toekomst de voedselproductie te bepalen aan de hand van de levering van de onderliggende regulerende ecosysteemdiensten: bodemvruchtbaarheid, plaagonderdrukking, bestuiving en erosie. Op deze wijze ontstaan er geen dubbeltellingen in de ecosysteemdiensten. Immers, de bijdrage van ecosystemen aan de productie van voedsel bestaat uit de vermenigvuldiging van de intermediaire regulerende ecosysteemdiensten zoals hierboven genoemd. Als voorbeeld kunnen we de productie van appels nemen. Ten eerste is een goede bodemvruchtbaarheid nodig voor appelbomen om potentieel appels te kunnen produceren. Als de bodemvruchtbaarheid geen beperkingen geeft, dienen de bloemen van de appelboom wel bestoven te worden, anders groeien er alsnog geen appels aan de boom. Als aan die voorwaarde voldaan is, dienen de appels niet aangetast of opgegeten te worden door plagen en ziektes. Om ten slotte de appels te kunnen gebruiken is het noodzakelijk dat de appelbomen niet door water- of winderosie verdwijnen.

6 Regulatie luchtkwaliteit

Auteurs: Marjolein Lof (WU), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 1%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: afname
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

6.1 Werking van de ecosystemendienst

Although in the previous report the effectivity of this ecosystem services were doubted, we now include this service because although the effect is small, every decreases in the concentration of particles saves lives.

Uit: CBS & WUR, 2020 (Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands - Technical background report):

Particulate pollution covers a broad spectrum of pollutant types that permeate the atmosphere. Particulate matter is commonly referred to by size groupings: coarse and fine. PM_{10} includes particles up to 10 μm in aerodynamic diameter, whereas $PM_{2.5}$ only represents the smallest particles (i.e. $<2.5 \mu m$). In recent years it has become clear that $PM_{2.5}$ particles pose a higher health risk because these smaller particles penetrate deeper into the lungs. Data from epidemiological studies indicates that long term exposure to $PM_{2.5}$ can increase both human morbidity and human mortality risks (Kunzli et al., 2000). Therefore, for the service air quality regulation we focus on the smaller particles, $PM_{2.5}$. Trees and other vegetation play an important role in the reduction of air pollution (Jeanjean et al., 2016; Powe and Willis, 2004). Particulate matter is captured through deposition on leaf and bark surfaces. The process of deposition depends on tree type and meteorological conditions (Powe and Willis, 2004). Deposition varies depending on density of the foliage and leaf form (which, in part, is expressed through the so-called leaf area index, LAI, that expresses the surface area of all leaves per ha).

6.2 Methode

Uit: Statistics Netherlands & WUR, 2018

Input data

Input maps for the capture model are the Ecosystem Type map with a 10m spatial grain (source Statistics Netherlands), and the yearly average $PM_{2.5}$ in $\mu g m^3$ (based on 24 hour daily averages) for 2015 on a 1000 m spatial grain (source RIVM).

Name dataset	Data type	Source
Ecosystem type map	Spatial data	WENR
Yearly average PM _{2.5} concentration 2015	Spatial data	RIVM ¹
PM capture parameters	Reference values	Powe en Willis (2014)
Tree phenology	Observations	Nature Today
Rain days	Statistics	Environmental Data Compendium

¹ <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/concentratiekaarten/cijfers-achter-concentratiekaarten/gcn-concentratiekaartbestanden-achterliggende-jaren>

Main assumptions

The model uses yearly average PM_{2.5} concentration data. Hence an underlying assumption of the model is that PM_{2.5} concentrations are normally distributed over a year. Timing of foliage as well as precipitation are accounted for in the model. Furthermore, as PM_{2.5} is a fraction of PM₁₀, capture of PM_{2.5} by vegetation (e.g. forests, natural grasslands, cropland, heath) is modelled using the equations for PM₁₀ capture by Powe and Willis (2004) (see Statistics Netherlands & WUR, 2018).

Method description

Particulate matter is captured through deposition on leaf and bark surfaces. The process of deposition depends on tree type and meteorological conditions (Powe and Willis, 2004). Deposition varies depending on density of the foliage and leaf form (the leaf area index, LAI).

For the calculation of PM_{2.5} capture by vegetated ecosystems (e.g. forests, natural grasslands, cropland, heath) we combined the Ecosystem Type map with a 10m spatial grain with a map of yearly average PM₁₀ in µg m³ (based on 24 hour daily averages) for 2015 on a 1000 m spatial grain (RIVM, 2015). PM_{2.5} capture was estimated using the following equation (corresponding to capture of PM₁₀ as calculated in Powe and Willis, 2004):

$$\text{ABSORPTION} = \text{SURFACE} * \text{PERIOD} * \text{FLUX}$$

where:

ABSORPTION = dry pollution deposition on vegetation cover (PM_{2.5} capture in µg m⁻²)

SURFACE = area of land considered (*A* in m²) * surface area index (*S* in m² per m² of ground area)

PERIOD = period of analysis (*t* in s (i.e. 31536000 s)) * proportion of dry days per year (*p_{dry}*) * proportion of in-leaf days per year (*p_{on-leaf}*)

FLUX = deposition velocity (*v_d* in m s⁻¹) * ambient PM_{2.5} concentration (*C_{PM2.5}* in µg m⁻³)

Or,

$$\text{PM}_{2.5} \text{ capture}_{\text{on-leaf}} \text{ (in kg ha}^{-1}\text{)} = A * S_{\text{on-leaf}} * t * p_{\text{dry}} * p_{\text{on-leaf}} * v_d * (10^{-9}/10^{-4}) * C_{\text{PM}_{2.5}}$$

$$\text{PM}_{2.5} \text{ capture}_{\text{off-leaf}} \text{ (in kg ha}^{-1}\text{)} = A * S_{\text{off-leaf}} * t * p_{\text{dry}} * (1 - p_{\text{on-leaf}}) * v_d * (10^{-9}/10^{-4}) * C_{\text{PM}_{2.5}}$$

We take,

$$M_{\text{on-leaf}} = A * S_{\text{on-leaf}} * t * p_{\text{dry}} * p_{\text{on-leaf}} * v_d * (10^{-9}/10^{-4}) * 0.5$$

And,

$$M_{\text{off-leaf}} = A * S_{\text{off-leaf}} * t * p_{\text{dry}} * (1 - p_{\text{on-leaf}}) * v_d * (10^{-9}/10^{-4}) * 0.5.$$

where the factor 0.5 denotes the resuspension rate of particles coming back to the atmosphere (Zinke, 1967).

For each vegetated ecosystem type we add these multiplication factors $M_{\text{year}} = M_{\text{on-leaf}} + M_{\text{off-leaf}}$ to calculate PM_{2.5} capture in kg ha⁻¹ based on ambient PM_{2.5} concentration, *C_{PM2.5}* in µg m⁻³. The deposition velocities, the surface area index and multiplication factors per ecosystem type with vegetation cover are summarized in table 6.1. Values for deposition velocity are based on Powe and Willis (2004),

however, for coniferous forest, we used a similar LAI as for in-leaf deciduous forest based on a meta-analysis by Asner et al. (2003).

Data on phenology of emergence of leaves until the end of leaf fall of trees in the Netherlands (Nature Today, 2017) was used to estimate the proportion of in-leaf days for deciduous forests, on average deciduous trees were on-leaf from mid-April to mid-November (i.e. $p_{\text{on-leaf}} = 7/12$). Data on average number of rain days with ≥ 1.0 mm precipitation (Environmental Data Compendium, 2017) was used to calculate the proportion of dry days. The average number of rain days in the Netherlands in the period between 1981 and 2010 was 131 (i.e. $p_{\text{dry}}=234/365$).

Table 6.1 Deposition velocities ($m s^{-1}$), the surface area index ($m^2 m^{-2}$) and yearly multiplication factors per ecosystem type with vegetation cover.

Ecosystem type	Deposition velocity		Surface area		M_{year}
	On-leaf	Off-leaf	On-leaf	Off-leaf	
Non-perennial plants	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Perennial plants	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Meadows	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Hedgerows	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Dunes with permanent vegetation					1.69 ¹
Deciduous forest	0.0050	0.0014	6	1.7	1.87
Coniferous forest	0.0050	0.0050	6	6	3.03
Mixed forest					2.45 ²
Heath land	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Fresh water wetlands	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Natural grassland	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Public green space	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
Other unpaved terrain	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18
River flood basin	0.0010	0.0010	2	1.5	0.18

¹ Dunes with permanent vegetation is calculated as the average of the factors for coniferous forest, deciduous forest and other vegetation.

² Mixed forest is calculated as the average of the factors for coniferous forest and deciduous forest.

The above model calculates $PM_{2.5}$ capture in kg per hectare per year. The effect of particulate matter on health is mostly derived from epidemiological studies where frequency of the health outcome is related to the level of exposure in $\mu g/m^3$. Therefore, the capture in $kg PM_{2.5}$ per hectare per year needs to be converted to a reduction in annual mean concentration $PM_{2.5}$ in $\mu g/m^3$. Assuming a boundary layer of 2000m with mixing during the day, and converting capture per year to capture per day, results in a conversion factor θ of 0.137 from $kg/hectare/year$ capture to a reduction of the daily mean ambient $PM_{2.5}$ concentration in $\mu g/m^3$.

The presence of vegetation affects the observed $PM_{2.5}$ concentration, $C_{PM_{2.5}_{obs}}$. To calculate the service of $PM_{2.5}$ concentration reduction by vegetation, $C_{PM_{2.5}_{red}}$, the observed concentration needs to be corrected for the presence of vegetation. Thus,

$$C_{PM_{2.5}_{red}} = \theta * M_{\text{year}} * (C_{PM_{2.5}_{obs}} + C_{PM_{2.5}_{red}})$$

This results in,

$$C_{PM_{2.5}_{red}} = \frac{\theta * M_{\text{year}} * C_{PM_{2.5}_{obs}}}{1 - (\theta * M_{\text{year}})}$$

The reference concentration without vegetation, $C_{PM_{2.5}_{no_{veg}}}$ is equal to $C_{PM_{2.5}_{obs}} + C_{PM_{2.5}_{red}}$, or

$$C_{PM_{2.5}_{no_{veg}}} = C_{PM_{2.5}_{obs}} * \left(1 + \frac{\theta * M_{\text{year}}}{1 - (\theta * M_{\text{year}})} \right)$$

In above equations, θ is the conversion factor from kg PM_{2.5} per hectare to PM_{2.5} concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, M_{year} is the ecosystem dependent PM_{2.5} capture factor (table 6.1) and $C_{PM2.5_obs}$, $C_{PM2.5_red}$ and $C_{PM2.5_no_veg}$ are respectively the observed PM_{2.5} concentration, the reduction in PM_{2.5} concentration due to vegetation, and the PM_{2.5} concentration if no vegetation would be present.

Normen

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) stelt dat blootstelling aan PM_{2.5} schadelijker is dan blootstelling aan PM₁₀. De kleinere deeltjes van PM_{2.5} dringen dieper in de longen door (WHO, 2006; Brunekreef en Forsberg, 2005). In de Europese richtlijn voor luchtkwaliteit zijn daarom sinds 2008 grens- en richtwaarden voor PM_{2.5} opgenomen.

Voor PM_{2.5} geldt een Europese grenswaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het jaargemiddelde. De WHO beschouwt deze grenswaarde als interim-doelstelling op weg naar een advieswaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

Indicator

De indicator wordt berekend als percentage van de mensen dat onder de WHO advieswaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ komt als gevolg van de aanwezigheid van vegetatie. Daarvoor is eerst een run gedaan zonder vegetatie. Dit is de referentie. Vervolgens is er een run gedaan met de huidige hoeveelheid en locatie van groen. Het verschil tussen de run zonder en met vegetatie in het aantal mensen dat onder de norm valt, is uiteindelijk de indicator die gebruikt is. Streven is om 100% van de bevolking onder de norm te krijgen.

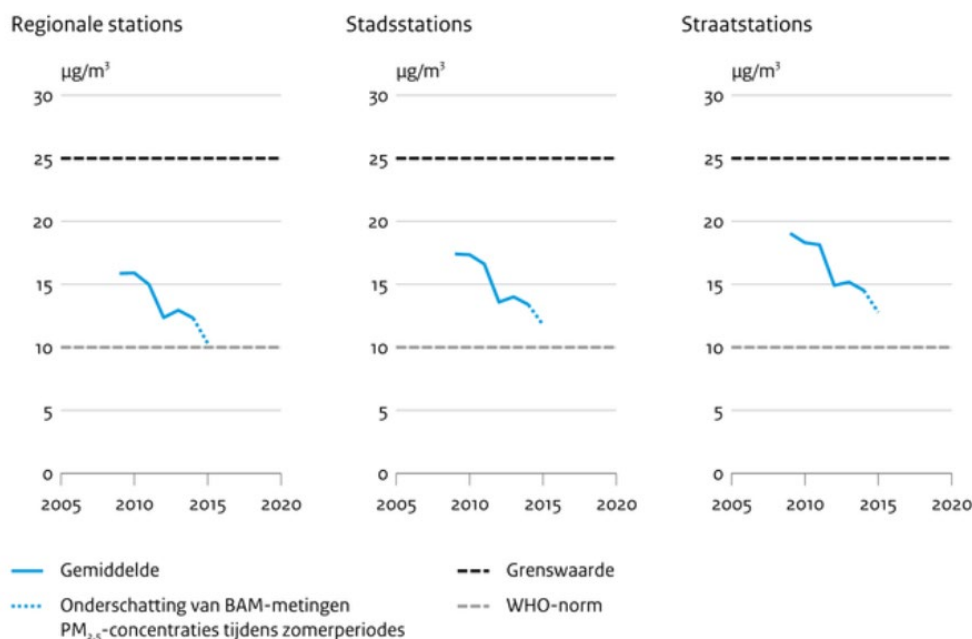
6.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

Resultaten geven aan dat 0,79% van de bevolking als gevolg van vegetatie onder de norm van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ komt.

Trend vraag

De vraag naar deze dienst neemt af omdat de concentratie van fijnstof daalt (zie figuur 6.1).



Bron: RIVM/DCMR/GGD Amsterdam 2016

PBL/jan17
www.clo.nl/nlo53207

Figuur 6.1 Fijnere fractie van fijnstof (PM 2.5) in de lucht. Bron: CBS, PBL, RIVM, WUR (2017).

Trend aanbod

In het hoofdstuk over groene recreatie (hoofdstuk 17) staat dat de hoeveelheid groen in stedelijke agglomeraties licht gestegen is sinds het jaar 2000. Daarom is voor deze indicator aangenomen dat de trend van het aanbod ook licht stijgend is. Er is ook onderzoek gedaan naar het percentage groen in steden op basis van de NDVI-groenindex (Dulk, 2018). Dit is alleen gedaan voor verschillende stadsdelen in Den Haag en dus niet voor de rest van Nederland. Uit deze resultaten komt eerder een stabiele trend naar voren dan een licht stijgende trend (zie hoofdstuk 12). De resultaten van de groenmonitor zijn echter wel sterk afhankelijk van weersinvloeden (Dulk, 2018).

6.4 Kwaliteit van de resultaten

6.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

6.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

6.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

6.5 Literatuur

Asner, G.P., Scurlock, J.M.O., Hicke, J.A. (2003). Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecology & Biogeography* 12, 191–205.

Brunekreef B., Forsberg B. (2005) Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur. Resp. J.* 2005; 26:309-318

CBS, PBL, RIVM, WUR (2017). Fijnere fractie van fijn stof (PM_{2,5}) in lucht, 2009-2015 (indicator 0532, versie 07, 17 januari 2017). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

Dulk, A. van (2018). Adviesrapport Groenmonitor. DSB (Duurzaamheid & Groen).

Jeanjean, A.P.R., Monks, P.S., Leigh, R.J. (2016). Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM_{2.5} reduction via dispersion and deposition at a city scale. *Athmospheric Environment* 147, 1-10.

Künzli, N., et al. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, 356(9232), 795-801.

Powe, N.A. & Willis, K.G. (2004). Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. *Journal of Environmental Management* 70,119–128.

RIVM (2015). Concentratiekaart PM_{2,5} downloaded from: <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/concentratiekaarten/cijfers-achter-concentratiekaarten/gcn-concentratiekaartbestanden-achterliggende-jaren>

Statistics Netherlands & WUR, 2018. The SEEA EEA biophysical ecosystem service supply-use account for the Netherlands.

WHO (2006) Air quality guidelines - global update 2005. World Health Organization, Genève.

7 Verkoeling in de stad

Auteurs: Marjolein Lof (WU), Sytse Koopmans (WU), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 28%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: A. (vrijwel) volledig
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

7.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

7.2 Methode

Overview

Urban areas heat up more than the surrounding rural areas due to the Urban Heat Island (UHI) effect. This additional heating occurs due to the higher absorption of sunlight by darker materials such as asphalt and concrete, and a slower release of this heat by these materials, a reduced wind speeds between buildings and less natural evaporation because of soil sealing. The additional heat can cause health problems during warm periods, especially for the elderly and young infants (e.g. Kovats & Hajat, 2008).

The availability of vegetation and water can have a positive effect on the cooling capacity of urban areas, as they increase the evaporation capacity of an area, can provide shade and release heat quicker than sealed areas. In this model, the cooling effect of vegetation on the UHI are calculated.

Modelling the ecosystem service

Input data

Input data for the reduction of urban heat island effect are climatological data from the KNMI for 1 July 2015, a typical heat-wave in the Netherlands, and a map with vegetation cover in the Netherlands with a 10m spatial grain, a map depicting the sky-view-factor for the Netherlands with a 1m spatial grain and a map with the spatial location of buildings; the basic registration of buildings with a 1m spatial grain.

Name dataset	Data type	Source
Daily solar radiation	Observations	KNMI
Hourly wind speed	Observations	KNMI
Hourly minimum and maximum temperature	Observations	KNMI
Sky-view-factor	Spatial data	KNMI
Groenkaart	Spatial data	Atlas Natuurlijk Kapitaal
Basic registration of buildings	Spatial data	BAG

Climatological data on solar radiation, Q , hourly wind speed, FF , and the daily minimum and maximum temperature, TN and TX , from 32 weatherstations spread over the Netherlands derived from KNMI were used to calculate S , U and DTR for 1 juli 2015, a typical heat-wave in the Netherlands. The daily solar radiation Q is given in $J/cm^2/day$ while S in the model has units $K\ m/s$, Q can be converted into the correct units by the following conversion factor,

$$S = Q * 100^2 / (3600 * 24 * \rho * c_p)$$

With $\rho = 1.225\ kg\ m^{-3}$, and $c_p = 1005\ m^2\ s^2\ K^{-1}$, where $\rho * c_p$ is the conversion factor from J/m^2 to $K\ m$. The average wind speed, U , is calculated by taking the average from the hourly wind speed, FF . Furthermore, the difference in maximum and the minimum temperature, DTR is calculated by

$$DTR = TX - TN$$

A 50 kilometer buffer around the weatherstations was used to calculate nationwide weighted average values for S , U and DTR . Vegetation cover was derived from Atlas Natuurlijk Kapitaal, 2017.

We derived the sky-view factor (SVF) from KNMI on a 1×1 meter basis (last modification 2019-08-13). Based on methods described in REF (year), values from locations with buildings (based on the 1×1 meter basic registration of buildings, BAG, map) are removed from the $SVF\ 1 \times 1$ meter map (e.g. assigned as NoData). Furthermore, when in a 250m radius around a grid cell more than 90% of the cells contained $>80\%$ vegetation cover, then the SVF of that cell was assigned as 1, e.g. clear view of the sky. If in the 250m radius less than 80% of the cells contained $>80\%$ vegetation cover the mean SVF value of all cells with less than 80% vegetation cover within the 250m radius was calculated for that grid cell.

If in the 250 m radius, between 80 and 90% of the cells contained $>80\%$ vegetation cover the SVF value was set at a value between the mean SVF (not including the SVF of cells containing $> 80\%$ vegetation cover) and 1. This is calculated as,

$$SVF_{new} = 10 * (\sigma - 0.1) * SVF_{mean250m} + 10 * (0.2 - \sigma) * 1,$$

where σ is the fraction of grid cells in the 250m radius with less than 80% vegetation cover.

The moving window of 250m was conducted on grid cells with a 20m resolution.

To calculate the contribution of vegetation on the reduction of the urban heat island effect, the UHI_{max} was calculated for the current situation with vegetation (based on Theewes et al, 2016),

$$UHI_{max, current} = (2 - SVF - f_{veg})^4 \sqrt{\frac{S * DTR^3}{U}}$$

and a for a reference without vegetation.

$$UHI_{max, reference} = (2 - SVF)^4 \sqrt{\frac{S * DTR^3}{U}}$$

Where SVF is the sky-view-factor, f_{veg} is the fraction of vegetation cover, S is sum of the short wave incoming radiation, DTR is the maximum difference in hourly maximum and minimum temperature, and U is the average wind speed.

The contribution of vegetation to the reduction of UHI_{max} is the difference between the reference UHI_{max} without vegetation and the UHI_{max} in the current situation.

$$UHI_{max, reduction} = (f_{veg})^4 \sqrt{\frac{S * DTR^3}{U}}$$

Indicator

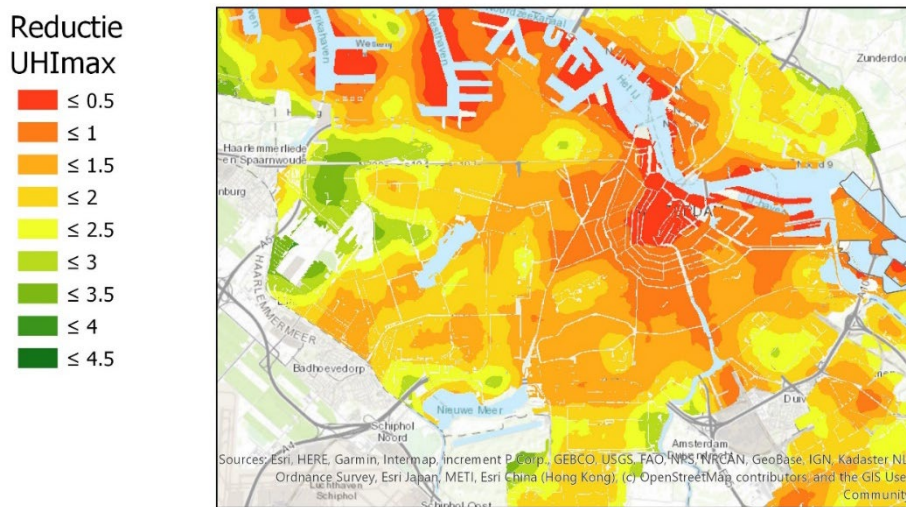
The indicator is calculated as the percentage of $UHI_{max, reference}$ that is reduced by vegetation within city boundaries. The percentage reduction of temperature by vegetation was weighted per capita using the CBS population map (100 meter * 100 meter resolution).

7.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

Gemiddeld per persoon voor mensen die in grote steden wonen, wordt 27,6% van het UHI tijdens een hittegolf (1 juli 2015) gereduceerd door groen in en om de stad. De gemiddelde UHI_{max} gewogen per inwoner in de stad was 4,2 Celcius, zonder vegetatie zou dat 5,9 graden Celcius geweest zijn.

Gemiddeld zorgt vegetatie dus voor een reductie in UHI_{max} gewogen per inwoner van 1,6 graden Celcius, wat overeenkomt met een verlaging van 27,6%. In figuur 7.1 is de reductie van de UHI door vegetatie weergegeven voor Amsterdam.



Figuur 7.1 Reductie UHI_{max} door vegetatie in Amsterdam tijdens hittegolf van 1 juli 2015.

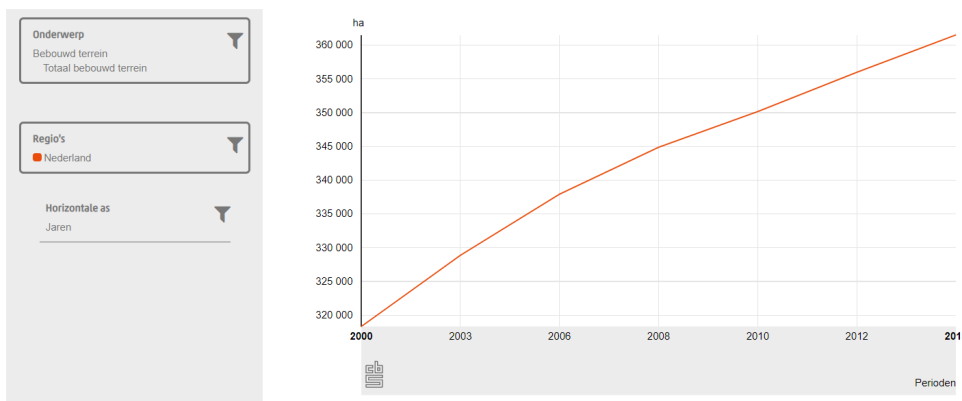
Trend aanbod

Op basis van CBS-data zien we een lichte toename van groen in steden, zie paragraaf 6.3.

Trend vraag

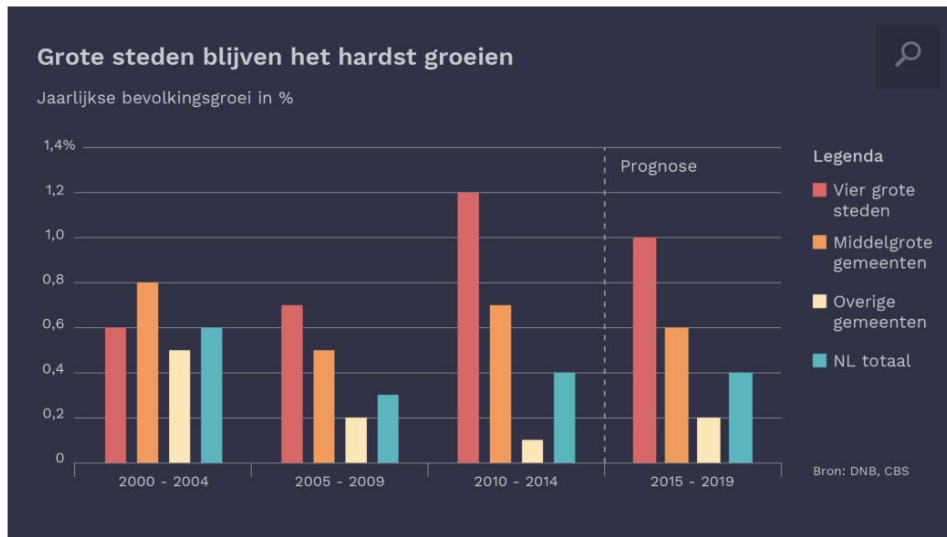
We gaan uit van een toename van de vraag om drie redenen:

1. Steden worden steeds groter, waardoor het UHI toeneemt (figuur 7.2).



Figuur 7.2 Ontwikkeling oppervlakte stedelijk gebied.

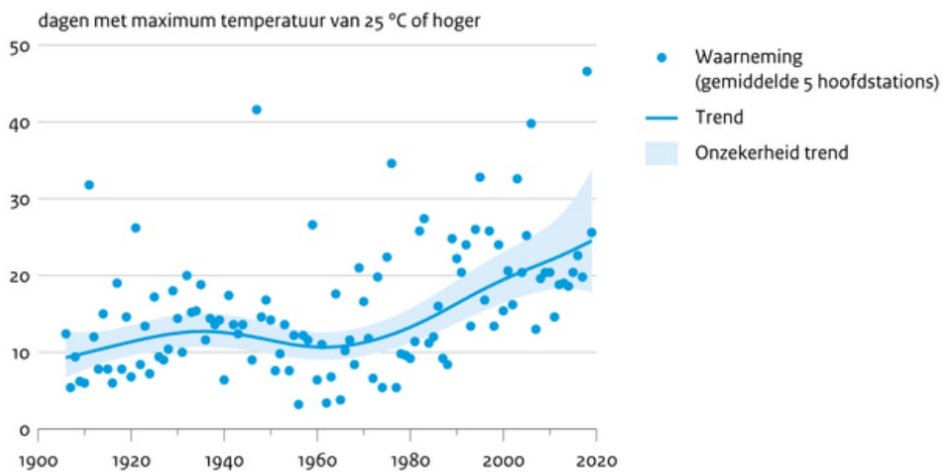
2. Er komen steeds meer mensen in de stad (figuur 7.3). Bron: CBS (2020).



Figuur 7.3 Bevolking steden groeit harder dan daarbuiten. Bron: DNB, CBS (2017).

3. Door de verandering van het klimaat worden hittegolven steeds frequenter (figuur 7.4) en steeds warmer (figuur 7.5).

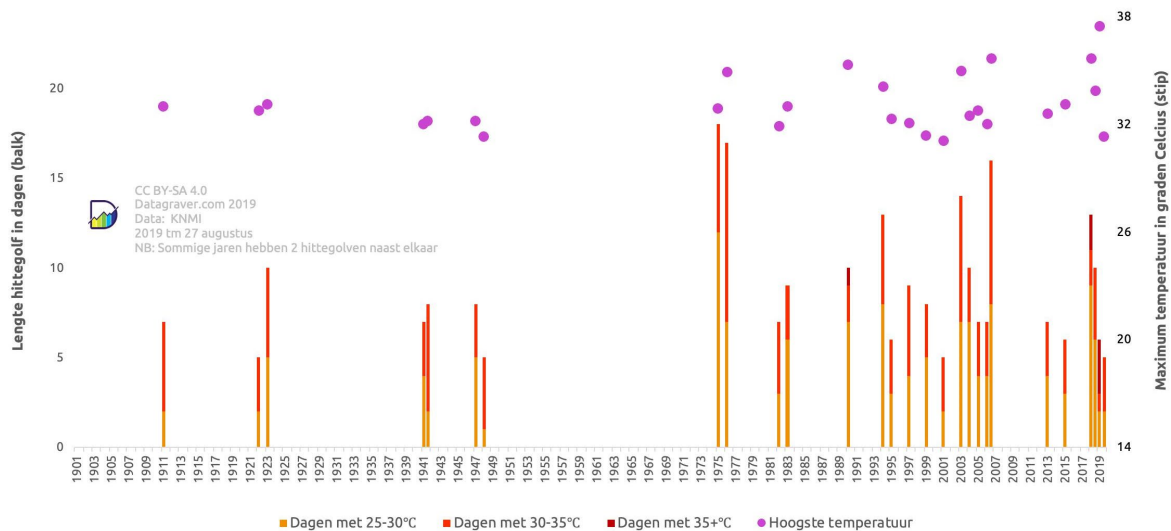
Aantal zomerse dagen



Bron: KNMI; bewerking PBL

PBL/meizo
www.clo.nl/nlo58902

Figuur 7.4 Maximumperiode met zomerse dagen van 25°C of hoger. Bron: CBS, PBL, RIVM, WUR (2020).



Figuur 7.5 Lengte hittegolven per jaar met maximumtemperatuur (De Bilt). Bron data: KNMI 2020, bewerking Datagraver.

7.4 Kwaliteit van de resultaten

7.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

7.4.2 Volledigheid

Volledigheid: **A. (vrijwel) volledig**, B. bevat belangrijkste aspecten, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

7.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

7.5 Literatuur

Zie De Knecht (ed.) 2014. Aanvullingen daarop zijn:

Atlas Natuurlijk Kapitaal, 2017. Groenkaart. Downloaded from:

http://geodata.rivm.nl/downloads/ank/rivm_20170415_g_groenkaart_10m.zip

CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). Temperatuurextremen in Nederland, 1907-2019 (indicator 0589, versie 02, 4 juni 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS Statline (2020).

<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70262ned/line?ts=1607694944917&fromstatw eb=true>

-
- De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.
- DNB, CBS (2017). <https://nos.nl/op3/artikel/2178292-waarom-we-allemaal-in-de-grote-stad-willen-wonen.html>
- KNMI (2020). Bewerking data door Datagraver.
<https://twitter.com/Datagraver/status/1166409194012119041/photo/1>
- Kovats, R.S., S. Hajat. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health*. 2008; 29: 41-55.
- Theeuwes, N.E., Steeneveld, G.J., Ronda, R.J., Holtslag, A.A.M., 2017. A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe. *Int. J. Climatol*. 37: 443 – 454.

8 Koolstofvastlegging

Auteurs: Marjolein Lof (WU), Bart de Knecht (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 0%
- Trend aanbod: afname
- Trend vraag: afname
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: B. vrijwel volledig
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten

8.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knecht (ed.) 2014.

8.2 Methode

We gaan hier uit van de cijfers van de Carbon Account in het kader van de Natuurlijk Kapitaalrekeningen (CBS, WU, 2017) en de LULUCF-rapportage (Coenen et al., 2016).

8.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

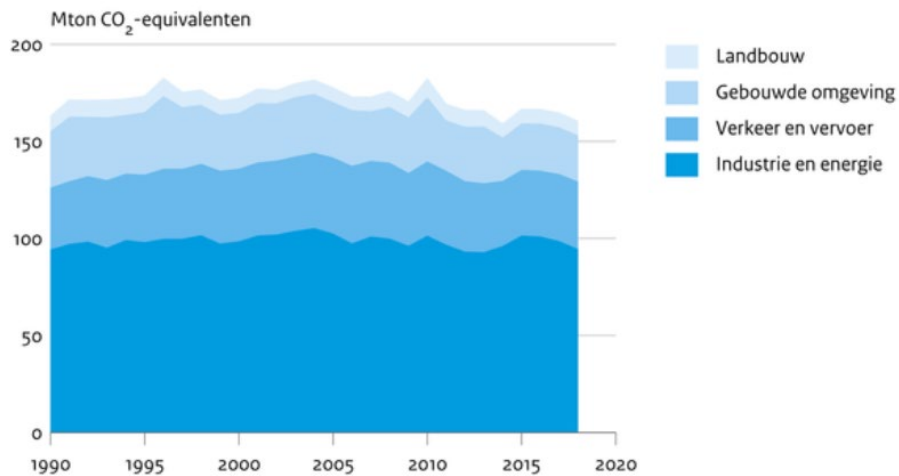
The National Inventory Report (2016) reports changes in carbon stock and emissions due to land use and land use change (Coenen et al., 2016). They report, net emissions due to land use and land use change are reported of 6.19 Mton CO₂ equivalents yr⁻¹, or 1.69 Mton C yr⁻¹, including emission from mineral and organic soils. They report emissions from organic soils of 6.9 Mton CO₂-eq yr⁻¹ (or 1.89 Mton C yr⁻¹). Our calculations of emissions of organic soils in the Netherlands result in the same number as what is reported in the National Inventory Report, in both cases emissions from peat are 6.9 Mton CO₂ per year.

The reported carbon sequestration in biomass of 732 kton C per year, in the LULUCF calculations of the National Inventory Report, is entirely attributable to increases in living biomass in forests; carbon change for the other land uses is assumed to be equal to zero. Based on scientific literature (Table A2.1, Annex 2), we assume that not only forest but also other ecosystems contribute to carbon sequestration; e.g. natural grasslands, heath, fresh water wetlands and tidal salt marshes. In this study, we estimated the total ecosystem contributions to carbon sequestration (based on extent of the ecosystems in the EU_NL map) at 975 kton C per year, of which 615 kton C per year was sequestered by forests. This is due to differences in assumed forest area.

De emissie van CO₂ door natuur in Nederland maakt circa 4% (6.19/161) uit van de totale emissie veroorzaakt door de landbouw, gebouwde omgeving, verkeer, vervoer, industrie en energie.

Trend vraag

Vanaf het jaar 2000 daalt de totale emissie van CO₂ van 172 Mton naar 161 Mton (figuur 8.1). Dat is 11 Mton en dat komt neer op circa 7%. Er hoeft dus elk jaar iets minder CO₂ te worden vastgelegd om in de vraag te voorzien.



Bron: Emissieregistratie

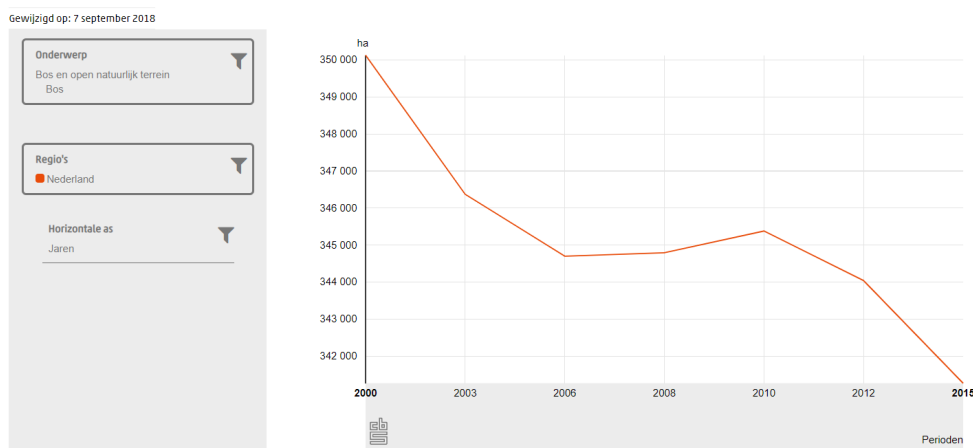
RIVM/feb20
www.clo.nl/nl016536

Figuur 8.1 Emissie kooldioxide (CO₂) per sector. Bron: CBS, PBL, RIVM, WUR (2020).

Trend aanbod

Bos

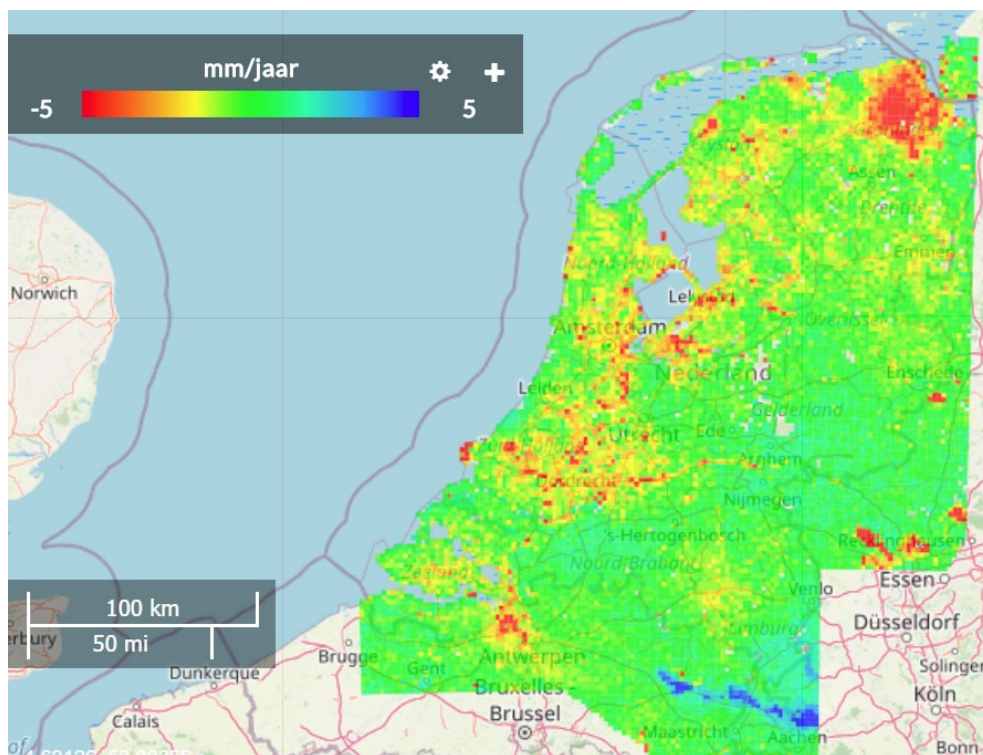
Het areaal bos neemt met circa 2,6% af tussen 2000 en 2015 (van 350.000 ha tot 341.000 ha) (figuur 8.2). Een deel van de CO₂ zal dus weer vrijkomen. Daarnaast is er minder bos dat een bijdrage levert aan de opslag van CO₂ in de staande biomassa en de bodem.



Figuur 8.2 Ontwikkeling van de oppervlakte bos in Nederland.

Veen

Het areaal veenige gronden neemt ook nog steeds verder af door oxidatie van veenbodems. Ook de bodemdaling in veengebieden gaat door, veroorzaakt door ontwatering (figuur 8.3). Bron: CBS, (2020).



Figuur 8.3 Bodemdaling in Nederland. Bron: Atlas Leefomgeving (2020).

De trend in steden, water en (niet-venige) landbouwgebieden is als constant verondersteld.

8.4 Kwaliteit van de resultaten

8.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

8.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

8.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

8.5 Literatuur

Zie De Knecht (ed.) 2014. In aanvulling daarop:

Atlas Leefomgeving (2020). <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&gm-b=1544180834512%2Ctrue%2C1%3B1552982649454%2Ctrue%2C0.8%3B&gm-x=150000&gm-y=455000&gm-z=3>

-
- CBS, WU (2017). The SEEA EEA carbon account for the Netherlands. CBS en WU. M. Lof, S. Schenau, R. de Jong, R. Remme, C. Graveland, L. Hein.
- Coenen, P.W.H.G., van der Maas, C.W.M., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., Baas, K., van den Berghe, A.C.W.M., Nijkamp, E.P., van Huis, E.P., Geilenkirchen, G., Versluijs, C.W., te Molder, R., Dröge, r., Montfoort, J.A., Peek, C.J., Vonk, J., Oude Voshaar, S., 2016. Greenhouse Gas Emission in the Netherlands 1990-2014, National Inventory report 2016. RIVM Report 2016-0047, RIVM, Bilthoven, The Netherlands. EUROPEAN COMMISSION, Brussels, 20.7.2016, COM (2016) 482 final, 2016/0231 (COD). Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 for a resilient Energy Union and to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change.
- CBS 2020, Statline.
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70262ned/line?ts=1607697080177&fromstatweb=true>
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). Emissies broeikasgassen, 1990-2019 (indicator 0165, versie 37, 12 mei 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- De Knecht et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

9 Plaagregulatie

Auteur: Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 12%
- Trend aanbod: afname
- Trend vraag: afname
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: C. bevat enkele aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

9.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

9.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

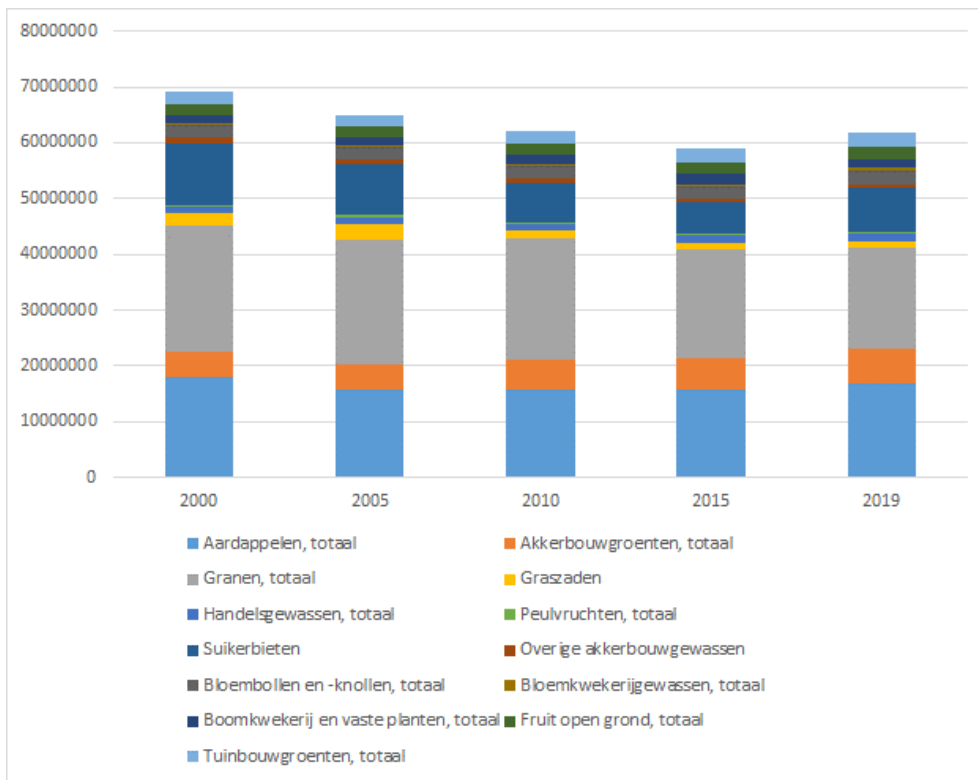
9.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

Zie De Knegt et al. 2014.

Trend vraag

Het areaal gewassen dat potentieel last heeft van plagen neemt af (figuur 9.1).



Figuur 9.1 Trend van oppervlakte gewassen dat potentieel last heeft van plagen (in are).

Trend aanbod

Het aanbod van deze ecosysteemdienst wordt voornamelijk gevormd door kruipende en vliegende insecten en parasitoiden.

In Nederland zijn lastig trends te bepalen voor natuurlijke plaagonderdrukkers. In Duitsland is er wel onderzoek gedaan (Hallmann et al., 2017). Sinds 1989 houden Duitse entomologen (insectendeskundigen) in 63 beschermde natuurgebieden minutieus bij hoeveel insecten er rondvliegen, op verschillende momenten in het jaar. Dat doen ze door de beestjes te vangen in zogenoemde malaisevallen en de biomassa te wegen. De Radboud Universiteit heeft deze data geanalyseerd en concludeert dat het gemiddelde totale gewicht na 27 jaar met 76% is afgenomen. In de zomer, als het insectenaantal zijn piek bereikt, zien ze zelfs een daling van 82%.

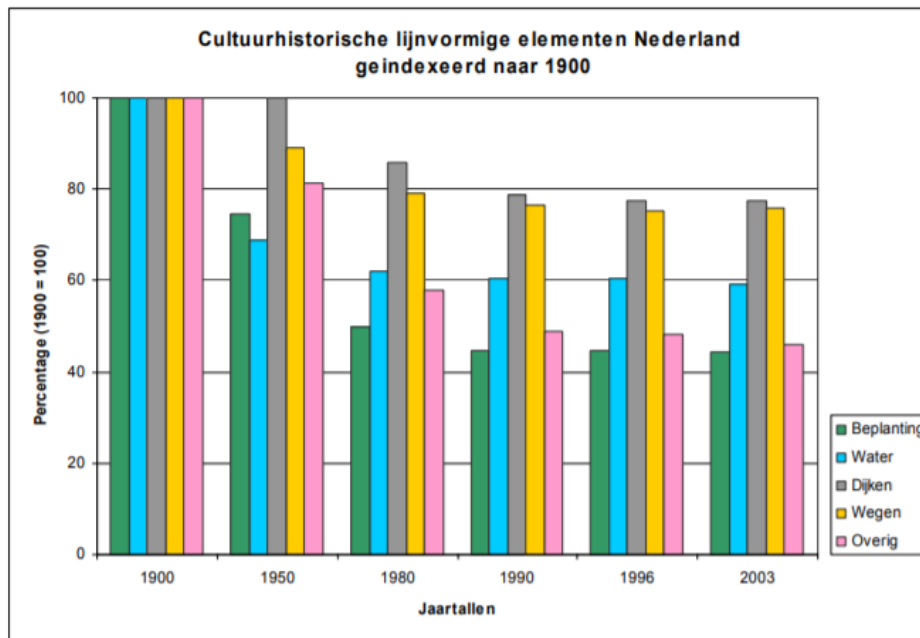
Er is nauwelijks recente informatie voorhanden van het aantal/de lengte aan natuurlijke elementen zoals heggen, houtwallen, slootkanten of natuurlijke akkerranden in de buurt van akkers met bestuivingsafhankelijke gewassen. Er is wel een studie van Koomen et al. (2007) met data over de veranderingen van de hoeveelheid landschapselementen tot 2003 (Koomen et al., 2007). Er is ook informatie over de floristische kwaliteit van heggen, slootranden en bermen (CBS, PBL, RIVM, WUR 2019). De floristische kwaliteit van heggen en slootranden duidt op een verrijking van de vegetatie. Beide gegevens duiden op een achteruitgang van het aanbod.

Verandering in lijnvormige landschapselementen

Uit Koomen et al., 2007:'

De belangrijkste conclusies op het niveau van Nederland zijn:

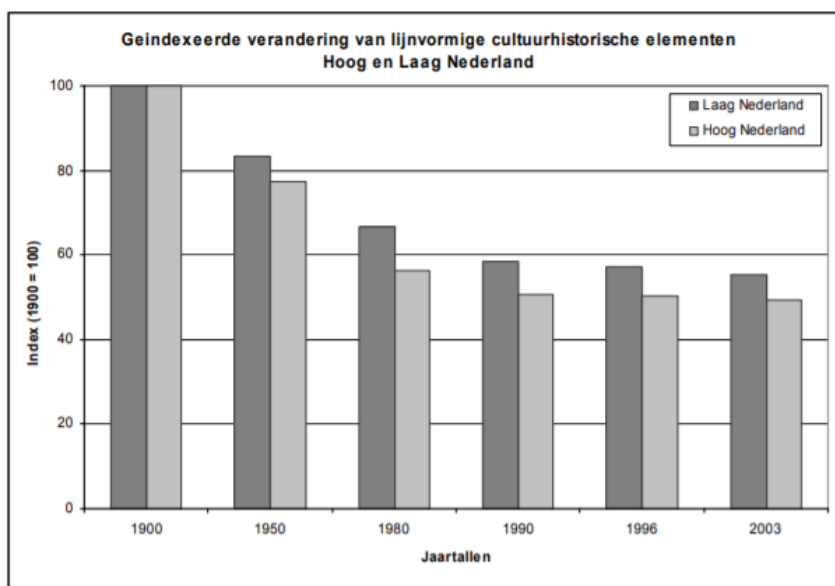
- In 2003 is van alle lijnvormige cultuurhistorische elementen, die er in 1900 volgens de topografische kaart waren, nog 51,6% aanwezig.
- De resultaten per deelcategorie laten zien dat dijken en wegen niet snel verdwijnen (in 2003 ongeveer nog 80% aanwezig), in tegenstelling tot beplanting en overige perceelsgrenzen (in 2003 ongeveer nog 45% aanwezig). Water zit hier met 60% tussenin (figuur 9.2).



Figuur 9.2 Geïndexeerde veranderingen ten opzichte van 1900 voor de categorieën beplanting, water, dijken, wegen en overige perceelsgrenzen in Nederland.

De veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische elementen in Hoog-Nederland zijn aanzienlijk groter dan in Laag-Nederland. Verder is het opvallend dat de grootte van de verschillen tussen Hoog- en Laag-Nederland tot 1980 groeit en daarna afneemt. Tot 1980 is de verandering in Hoog-Nederland 10,3% groter dan in Laag-Nederland. Dit verschil neemt tot 2003 af tot 5,9%, waarmee het landschap van Laag-Nederland met een langzame en gestage inhaalslag bezig is. De belangrijkste conclusies op het niveau van Hoog- en Laag-Nederland zijn (figuur 9.3):

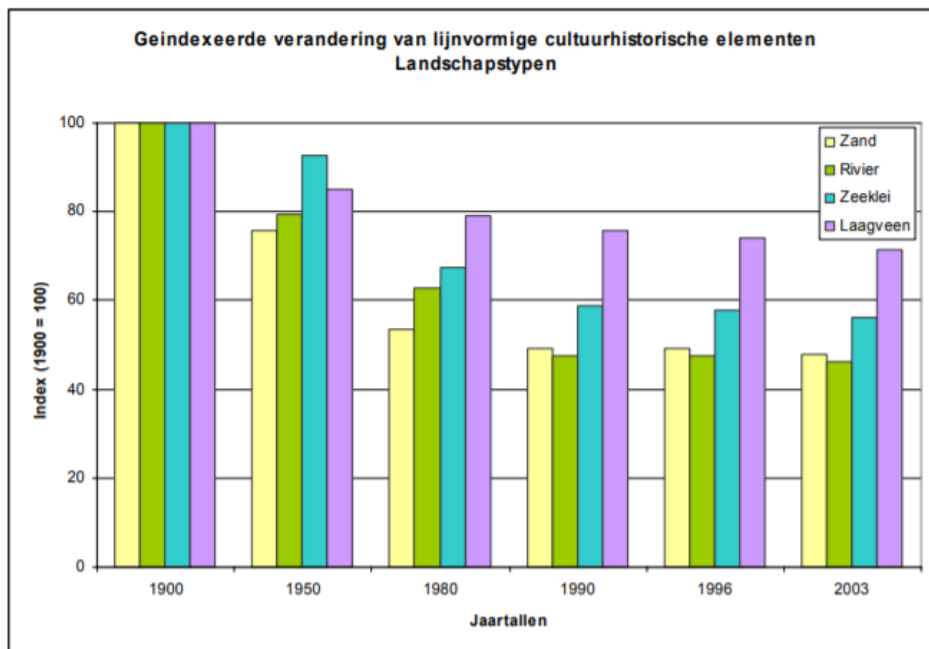
- Lijnvormige cultuurhistorische relictten blijven in Laag-Nederland beter bewaard dan in Hoog-Nederland (55,2% om 49,3%).
- Het verschil tussen Hoog- en Laag-Nederland wordt vooral veroorzaakt door de deelcategorieën water (rechttrekken van beken in Hoog-Nederland) en overige perceelsgrenzen (schaalvergroting in Hoog-Nederland).
- De trend van afname van cultuurhistorische lijnvormige elementen is voor alle deelcategorieën vergelijkbaar; een sterke afname tot aan 1980, gevolgd door een stabilisatie tot aan 1996. Vanaf 1996 wordt de afname weer sterker.



Figuur 9.3 Geïndexeerde veranderingen lijnvormige cultuurhistorische elementen in Hoog- en Laag-Nederland.

Net als bij de verschillen tussen Hoog- en Laag-Nederland zien we tussen de vier beschreven landschapstypen een vergelijkbare ontwikkeling vanaf 1990. In dit geval gaat het om het laagveenlandschap dat vanaf 1990 een doorgaande afname van relicten laat zien, daar waar de andere drie landschapstypen stabiliseren. Wanneer we de deelcategorieën afzonderlijk bekijken, valt op dat de beplanting en de wegen voor de vier besproken landschapstypen ongeveer allemaal gelijk liggen, met dat verschil dat de afname van beplanting veel sterker is geweest dan die van de wegen. Voor de categorie water is in de vier besproken landschapstypen een vergelijkbaar beeld te zien. De belangrijkste conclusies voor de landschapstypen zijn (figuur 9.4):

- Op basis van de beschikbare data bleek het mogelijk analyses voor enkele landschapstypen uit te voeren. De kleinere landschapstypen hebben te weinig steekproefgebieden om tot betrouwbare uitspraken te kunnen komen. Voor het zandlandschap, rivierenlandschap, laagveenlandschap en zeekleilandschap bleek het voor het totaal en enkele deelcategorieën mogelijk een analyse uit te voeren.
- Het laagveenlandschap komt als het minst veranderde landschap naar voren; de meeste veranderingen tussen 1900 en 2003 hadden plaats in het zandlandschap en het rivierenlandschap.
- De deelcategorieën laten vergelijkbare grafieken zien van afname aan lijnvormige cultuurhistorische elementen; de deelcategorie overige perceelsgrenzen laat de grootste verschillen tussen landschapstypen zien.



Figuur 9.4 Geïndexeerde verandering van lijnvormige cultuurhistorische elementen per landschapstypen.

Uit CBS, PBL, RIVM, WUR (2019):

Vegetatie van houtwallen en slootkanten

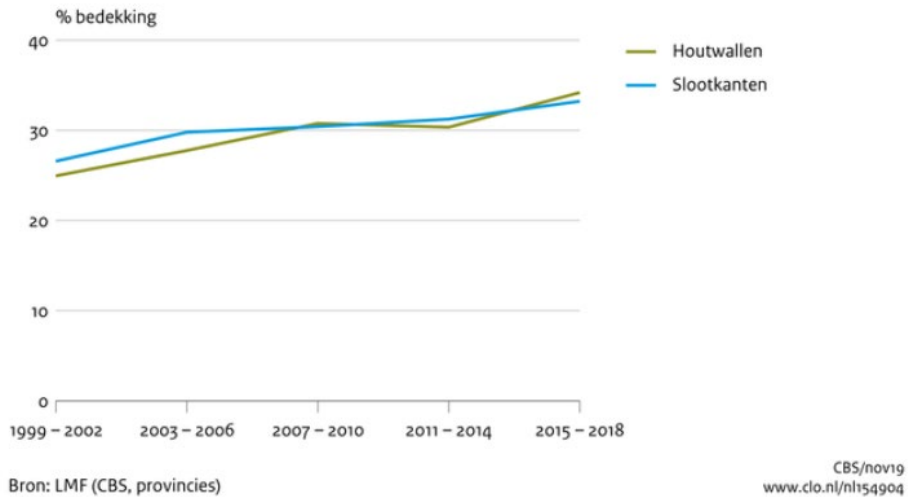
Als we kijken naar de floristische kwaliteit van landschapselementen in Nederland valt verder op dat de bedekking van ruigtekruiden, bomen en struiken verder toeneemt, alhoewel het aantal plantensoorten daarin niet afgenomen is. Dit duidt op een verslechtering van de habitatkwaliteit en wordt daarmee mogelijk minder geschikt als habitat voor bestuivende insecten.

Ruigtesoorten

In de laatste twintig jaar is de bedekking van ruigtesoorten in houtwallen en slootkanten aanzienlijk gestegen, van circa 25% tot 33% (figuur 9.5). Ruigtesoorten zijn hoogopschietende kruiden en grasachtigen die profiteren van voedselrijke omstandigheden, zoals braam en grote brandnetel. Houtwallen en slootkanten vormen in het agrarische landschap belangrijke plekken waar nog ruimte is voor de wilde flora; op de akkers en cultuurgraslanden zijn tegenwoordig nog maar weinig wilde

plantensoorten te vinden. De ruimte voor de wilde flora in houtwallen en slootkanten staat door verruiging echter onder druk, omdat ruigtesoorten andere soorten wegconcurreren. Toch is de soortenrijkdom van houtwallen en slootkanten in de onderzoeksperiode niet aantoonbaar teruggelopen. Wel gaat in slootkanten een aantal soorten achteruit, zoals pinksterbloem en kruipende boterbloem.

Bedekking met ruigtesoorten in houtwallen en slootkanten

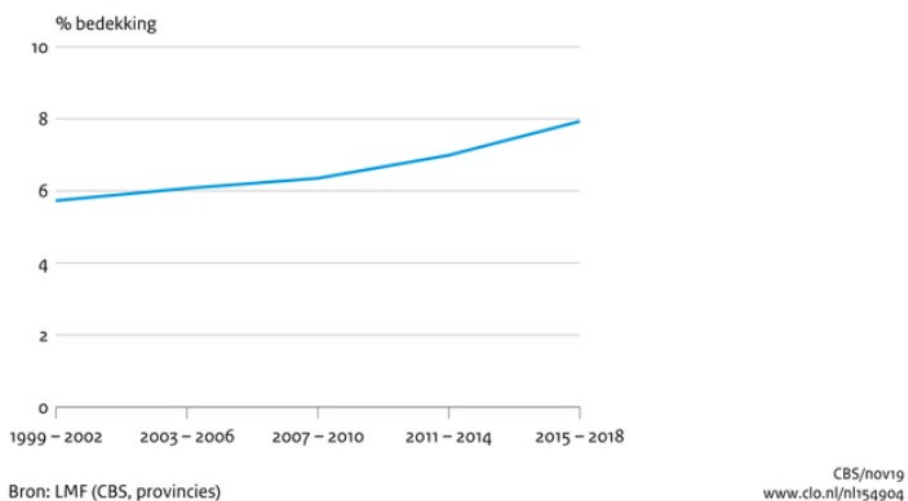


Figuur 9.5 Bedekking ruigtesoorten in houtwallen en slootkanten.

Bomen en struiken

In slootkanten en houtwallen is de bedekking van bomen en struiken toegenomen; in houtwallen is de bedekking van bomen en struiken per definitie altijd al hoog. In houtwallen is er een verschuiving in de samenstelling van de vegetatie, waarbij eenstijlige meidoorn afneemt en Amerikaanse vogelkers juist toeneemt (figuur 9.6).

Bedekking met bomen en struiken in slootkanten



Figuur 9.6 Bedekking met bomen en struiken in slootkanten.

Vraag ten opzichte van het aanbod

Vraag en aanbod dalen beide, maar het is aannemelijk dat het aanbod van plaagonderdrukkers sneller gedaald is dan de vraag.

9.4 Kwaliteit van de resultaten

9.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

9.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, B. bevat belangrijkste aspecten, **C. bevat enkele aspecten**

Zie De Knegt (ed.) 2014.

9.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

Er wordt momenteel gewerkt aan een uitgebreid en gedetailleerd model waarin een grote kwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd (De Knegt et al., in prep.)

9.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014. In aanvulling daarop:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2019). Vegetatie van houtwallen en slootkanten, 1999-2018 (indicator 1549, versie 04, 29 november 2019). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

De Knegt et al. (in prep.). Natuurlijk Kapitaal Model voor modellering ecosysteemdiensten in Nederland.

Hallmann Caspar A., Martin Sorg, Eelke Jongejans, Henk Siepel, Nick Hofland, Heinz Schwan, Werner Stenmans, Andreas Müller, Hubert Sumser, Thomas Hörren, Dave Goulson, Hans de Kroon
Published: October 18, 2017 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Koomen, A., G.J. Maas, T.J. Weijschede (2007). Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen. Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003. WOt-rapport 34. Wageningen.

10 Bestuiving

Auteurs: Marjolein Lof (WU), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 83%
- Trend aanbod: afname
- Trend vraag: stabiel
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

10.1 Werking van de ecosystemendienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

10.2 Methode

Uit: CBS, WU (2017)

Input data

Name dataset	Data type	Source
Ecosystem Type map	Spatial data	Statistics Netherlands
Basisregistratie Gewaspercelen	Spatial data	RVO.nl
Pollination requirements	Table	Klein et al. (2007)
Habitat suitability for pollinators	Table	Kennedy et al. (2013)

Main assumptions

The model assumes that pollinators are indeed present in habitats that are suitable for them (actual observation data of wild bees and other pollinators are not available), and that they can all potentially contribute to the pollination of nearby planted crops, the fraction that contributes to pollination depends on the distance between the habitat and the crop field. Pollination by honeybees is not included in the analyses.

Method description

Crops differ in pollination requirements. Klein et al. (2007) divided crops, depending on degree of production dependence, in five classes (table 10.1). These are used to assign pollination demand to crops in the Netherlands (table 10.2).

Table 10.1 Classes for dependence of crops on pollination, based on yield loss in absence of pollinators. Between brackets the class mean that is used to generate maps of pollination demand of crops. Source: Klein et al. (2007).

Degree of dependence	Production reduction in absence of pollinators	Crops
Essential	> 90%	Courgette, pumpkin
Great	40% - 90% (65)	Raspberries, blackberries, other berries, annual fruit cultivation, perennial fruit cultivation (e.g. pear, apple, cherry) and summer rapeseed, and winter rapeseed
Modest	10% - 40% (25)	Strawberries, eggplant, redcurrants, blackcurrants, summer oilseed rape, winter oilseed rape, and sunflower
Little	0% -10% (5)	Other beans and other oilseeds
No increase	no reduction (0)	Other crops

Table 10.2 Look-up table for pollination demand of pollination dependent crops classes in the basic registration of crops in the Netherlands (Basisregistratie Gewaspercelen). Based on the classification used for the pollination requirements for the Atlas Natuurlijk Kapitaal (ANK) and the classification of Klein et al. (2007).

Gewascode	Beschrijving	Bestuivingsbehoefte (%)
242	Bruine bonen	5
311	Veldbonen	25
258	Luzerne	5
515	Zonnebloemen	25
663	Lupinen	5
664	Raapzaad	65
665	Sojabonen	5
666	Olievlas	5
853	Tuinbonen, droog	5
854	Tuinbonen, groen	5
1922	Koolzaad, winter	25
1923	Koolzaad, zomer	25
2700/2703	Aardbei, open veld, vermenigvuldiging/zaad	25
2701	Aardbei, open veld, wachtbed	25
2702	Aardbei, open veld	25
2704/2707	Aardbei, op stelling, vermenigvuldiging/zaad	25
2705	Aardbei, op stelling, wachtbed	25
2706	Aardbei, op stelling	25
2731	Augurk	65
2732	Augurk, zaad	65
2723	Courgette	95
2724	Courgette, zaad	95
2729	Komkommer	65
2730	Komkommer, zaad	65
2733	Meloen	95
2734	Meloen, zaad	95
2735	Pompoen	95
2736	Pompoen, zaad	95
2779	Stamsperziebonen	5
2780	Stamsperziebonen, zaad	5
2781	Stoksnijbonen	5
2782	Stoksnijbonen, zaad	5
1095/1096	Appel	65
1097/1098	Peer	65
1100	Overige pit- en steenvruchten	65
1869	Blauwe bes	65
1870	Pruimen	65
1872	Kers, zure	65
1873	Zwarte bes	25
1874	Overig kleinfruit	25
2325	Rode bes	25
2326	Frambozen	65
2327	Bramen	65
2328	Kers, zoete	65

Historically, pollination demand was fulfilled by wild pollinators that live in the agricultural landscape. Nowadays, beekeepers place hives with cultivated honeybees, *Apis mellifera*, close to pollination demanding crops. Many crops, however, are also effectively pollinated by wild bees. For some crops wild bees are more efficient than honeybees. As an ecosystem service, we map pollination by wild pollinators such as wild bees and bumble bees. Managed honeybees were excluded. Wild pollinators require sufficient resources in the agricultural landscape. These resources include suitable nesting habitats (e.g. tree cavities, or suitable soil substrate) as well as sufficient floral (food) resources (i.e. pollen and nectar). Bees are central place-foragers. This means that they return to their nest site after foraging. The availability of nesting habitats close to agricultural fields is critical for bee-pollinated crops (Ricketts et al., 2006). Ecosystems differ in the suitability for pollinators, because there are differences in the presence of tree cavities or suitable substrates for nesting, and differences in the availability and suitability of floral resources (Kennedy et al., 2013). We assume that the suitability of habitats corresponds with the contribution to pollination, therefore we used indicators for total nesting and floral resource availability for the suitability of the ecosystem types to provide pollination (table 10.3). These indicators were based on a meta-analysis of 39 studies that was conducted by Kennedy et al. (2013). Note that for the calculations of the pollination service, the suitability of private gardens, whether in rural (farmyards and barns) or in urban areas (residential areas), are set to zero due to the lack of information and the spatial heterogeneity of all 'paved and built-up areas'.

Table 10.3 Look-up table for an indicator of combined nesting suitability and floral resource availability for ecosystem types in the Netherlands, on a 0 - 100 scale, with 100 indicating most suitable, and 0 unsuitable (based on Kennedy et al., 2013). Total nesting and floral suitability for economic crops were not used in the model (assumed value = 0), because these are considered to be the recipients of the pollination service.

Code	Ecosystem type	Total nesting and floral suitability
1	Non-perennial plants	(30)
2	Perennial plants	(58)
3	Greenhouses	0
4	Meadows / pasture	26*
5	Hedgerows	80
6	Farmyard and barns	0
11	Dunes with permanent vegetation	80
12	Active coastal dunes	26
21	Deciduous forest	89
22	Coniferous forest	44
23	Mixed forest	66
24	Heath lands	100
25	Inland dunes	26
26	Fresh water wetlands	48
27	Natural grassland	80
28	Public green space	41
29	Other unpaved terrain	41
31	River flood basin	48
32	Tidal salt marshes	36
41-48	Paved and built-up area	0
51	Sea	0
52	Lakes and ponds	0
53	Rivers and streams	0

*lower than indicated for the EU, because Dutch meadows are relatively species poor.

Source: (based on Kennedy et al., 2013).

The maps for the pollination account are generated based on the spatial location of crops that require pollination (Basisregistratie Gewaspercelen, 2017) and the spatial location of ecosystems that are suitable for pollinators on the Ecosystem Type map of (De Knecht et al. in prep.). We generated two maps; one map that plots the *use* of the pollination service of the ecosystems, based on the *demand of the crop* and the distance between the demanding crop to the pollination providing ecosystem, and one map that plots the *supply* of the pollination service of the ecosystems, based on the *suitability of*

the ecosystems for pollinators and the distance between the suitable ecosystem and the demanding crop. Different species of pollinators move at different length scales. Large pollinators such as bumble bees forage over long distance (up to 1750 m; Walther-Hellwig and Frankl, 2000), while small pollinators such as solitary bees, forage over shorter distances (up to a few hundred meter). We generate the suitability and demand maps for all natural pollinators. Ricketts et al. (2006) found in their meta-analysis on 13 studies in temperate biomes that visitation rates of pollinators declined to half its maximum at 1308 m distance between the nesting sites and the crop. The optimal model for visitation rate (scaled 0 – 1, with 1 the maximum visitation rate) in temperate biomes is $\exp(-0.00053d)$. Where d , is distance between the nesting sites and the crop in meters. This model includes both species that forage over long distances and species that remain close to their nesting site. We assume that pollinators leave their nesting sites to forage in the complete surrounding landscape. Therefore, we assume that pollinators from all suitable habitats in the local landscape contribute to pollination. To obtain the relative visitation rate (scaled 0 -100) in a crop in map unit c (Lonsdorf et al., 2009) we calculate

$$v_c = \sum_{h=1}^H S_h \frac{e^{-0.00053d_{hc}}}{\sum e^{-0.00053d}}$$

where S_h represents the relative pollinator abundance (scaled 0 – 100, where 100 marks maximum suitability) in map unit h (based on the suitability for nesting and foraging for pollinators of the habitat in map unit h), d_{hc} is the distance between map unit h and the crop in map unit c . Pollination is then a function of the relative visitation rate,

$$P_c = f(v_c)$$

Rader et al. (2016) find a relationship between visitation and fruit set, based on 39 studies. Variation in fruit set was measured in 14 crops. They found that both bees (not including honey bees) and non-bee pollinators had a positive relationship between fruit set and pollination. Furthermore, studies show that often more pollen are deposited than needed for successful fruit set, 10 to 40 times more pollen have been reported in Sáez et al. (2014) and Pfister et al. (2017). Therefore, we model the function of pollination based on visitation rate as $P_c = 5v_c$, for v_c between 0 and 20, and $P_c = 100$, for $v_c \geq 20$. This is a starting assumption, there can be differences between crops, but we do not take that into account here.

Next, we generate a potential production reduction map in absence of pollination based on the spatial location of crops in 2015 (Basisregistratie Gewaspercelen, 2015) (RVO.nl, 2017) and table 10.2. Pollination service, measured in avoided production reduction, can be calculated as the difference between the production reduction in absence of pollinators and the production reduction in presence of pollinators.

To calculate avoided production reduction in presence of pollinators, we combine the pollination map that is based on the Ecosystem Type map and spatial relationships of visitation rates by pollinators with the potential production reduction map, using the following equation:

“Avoided production reduction” = “potential production reduction” * (“pollination”)/100

The avoided production reduction represents the use of the pollination service by the crops. Next, we calculate the contribution (supply) of the ecosystems to the avoided production reduction, APR_h ,

$$APR_h = \sum_{c=1}^C APR_c \frac{\sum_{h=1}^H S_h \frac{e^{-0.00053d_{ch}}}{\sum e^{-0.00053d}}}{\sum_{h=1}^H S_h}$$

Where APR_c is the avoided production loss in the crop in map unit c , d_{ch} is the distance between the crop in map unit c and the ecosystem in map unit h . The relative contribution of all ecosystems in a 6 km square around the crop is weighted by the sum of the relative pollinator abundances, S_h . Contribution to avoided production loss in crop fields by the ecosystem in map unit h is based on all crop fields that require pollination in a 6 km square around map unit h . This is calculated for all map units that contain an ecosystem that is suitable for pollinators.

Indicator

De indicator voor de bestuivingsdienst is de mate waarin aan de vraag van het gewas wordt voldaan. Dit wordt uitgedrukt in een percentage van potentieel opbrengstverlies dat vermeden is door dierlijke bestuiving. Deze indicator wordt gewogen met de mate waarin de opbrengst van het gewas afhankelijk is van bestuiving. Een gewas dat voor de opbrengst in grote mate afhankelijk is van bestuiving weegt zwaarder mee dan een gewas waarvan de productie maar weinig afhangt van dierlijke bestuiving.

10.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

De gemiddelde bestuiving uitgedrukt als de areaalgewogen gemiddelde van de mean avoided production loss (%) gedeeld door de mean potential production loss (%) komt uit op 83% (tabel 10.4).

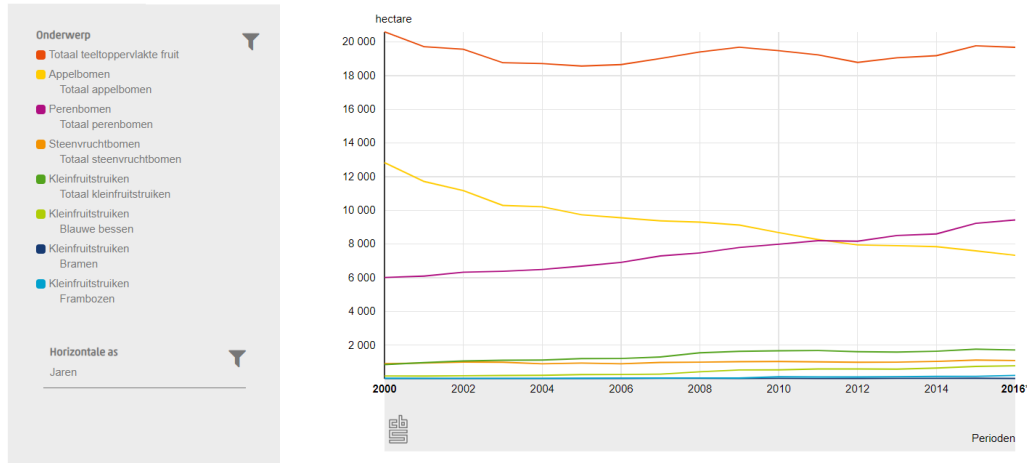
Tabel 10.4 Mean avoided production loss (%), mean potential production loss (%) en het percentage van de potential loss avoided (%) voor landbouwgewassen per provincie.

	mean avoided production loss (%) APL	mean potential production loss (%) AFH	area (1000 ha) gewaspercel en met bestuivingsb eohoeft e	Percentage of potential loss avoided (%) APL/AFH
Groningen	12.3	17.2	2.59	71.2
Friesland	18.4	22.0	0.40	83.5
Drenthe	28.6	29.8	0.69	95.8
Overijssel	32.0	32.0	0.33	99.9
Flevoland	24.5	33.0	3.43	74.1
Gelderland	56.5	56.6	6.49	99.8
Utrecht	63.9	63.9	1.66	100.0
Noord-Holland	22.6	27.6	2.35	82.1
Zuid-Holland	21.2	25.8	2.79	81.9
Zeeland	20.1	34.2	9.01	58.8
Noord-Brabant	23.3	26.0	7.42	89.7
Limburg	37.5	38.5	5.18	97.4
Nederland				82.8

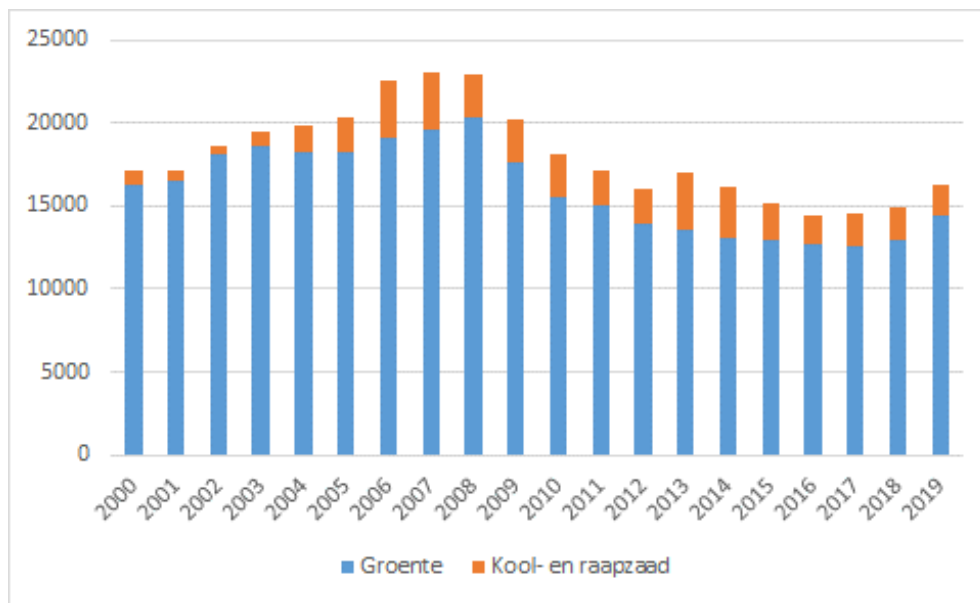
Trend vraag

De oppervlakte van fruitbomen in Nederland is sinds het jaar 2000 ongeveer stabiel (figuur 10.1). Ook de oppervlakte groenten, die (deels) bestuivingsafhankelijk zijn, kennen over de periode 2000-2016 een min of meer stabiele trend (figuur 10.2).

Gewijzigd op: 31 maart 2017



Figuur 10.1 Oppervlakte fruitboomgaarden in Nederland.



Figuur 10.2 Oppervlakte groente (aardbeien, peulvruchten, doperwten, tuinbonen en vruchtgroenten), kool- en raapzaad.

Trend aanbod

Het aanbod van deze ecosysteemdienst wordt gevormd door wilde bijen. Honingbijen komen in het wild in Nederland niet meer voor en worden gehouden door imkers. Het aantal bijensoorten in Nederland dat op de Rode Lijst staat, is tussen 2003 en 2018 toegenomen (Reemer, 2018) (figuur 10.3). Daarmee is de diversiteit van bijensoorten afgenomen. De trend van zeldzame soorten zegt niet alles. Vooral ook de abundantie van algemene bijensoorten zal een grote bijdrage leveren aan deze ecosysteemdienst (zie hierover tekst onder figuur 10.3).

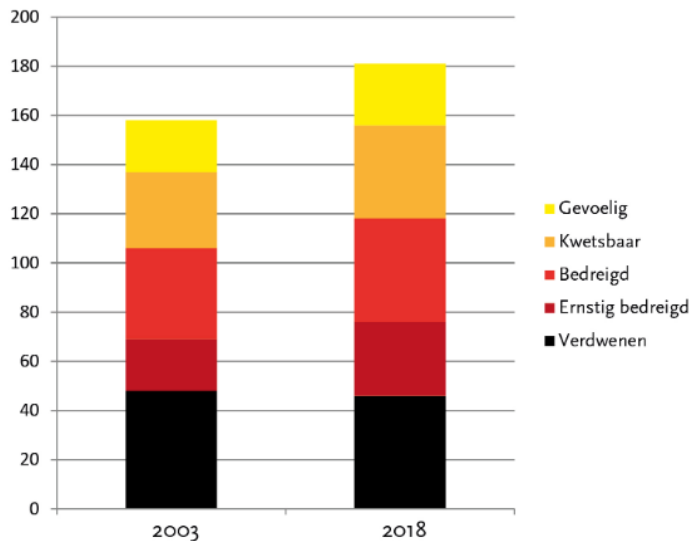
Uit Reemer, 2018:

Tegenvallers: de Rode Lijst is langer dan de vorige uit 2003: er staan 23 soorten meer op. Enkele soorten zijn verdwenen uit Nederland sinds 2003, zoals de Waddenmetselbij en de Roodstaartklaverzandbij. 37 soorten staan voor het eerst op de Rode Lijst. 26 soorten gaan naar een zwaardere Rode-Lijstcategorie.

Lichtpuntnjes: het aantal soorten in de categorie 'Verdwenen' is gedaald van 48 naar 46, dankzij de terugkeer van soorten als de Vierbandgroefbij, de Donkere klokjeszandbij en de Kielstaartkegelbij. 14 soorten staan niet meer op de Rode Lijst. 21 soorten gaan naar een lichtere Rode-Lijstcategorie.

Kanttekeningen en balans

Het absolute aantal soorten op de Rode Lijst zegt niet alles. Voor de nieuwe Rode Lijst zijn namelijk meer soorten in beschouwing genomen dan voor de Rode Lijst 2003. Voor een deel gaat het hierbij om soorten die zich pas na 2003 in Nederland hebben gevestigd. De meeste hiervan zijn nog zeer zeldzaam, zodat ze in de categorie 'Gevoelig' zijn beland. Voor een eerlijke vergelijking tussen de lijsten zouden deze soorten eigenlijk buiten beschouwing gelaten moeten worden. Door het verschil in aantal beschouwde soorten is het ook beter om te vergelijken op basis van percentages. Maar ook dan blijkt dat de Rode Lijst met enkele procenten is gegroeid. Al met al heeft de afname van de Nederlandse bijenfauna zich sinds 2003 dus voortgezet.



Figuur 10.3 Aantal soorten bijen op de Rode Lijst en de mate waarin ze bedreigd zijn.

Er zijn daarnaast ook aanwijzingen dat de totale dichtheid aan insecten in Nederland is gedaald. In 2017 werd gevonden dat op 63 locaties verspreid over 31 natuurgebieden in Duitsland de totale biomassa aan vliegende insecten de laatste 27 jaar met 76% achteruit is gegaan (Hallmann et al., 2017). De vraag is of dit in Nederland ook speelt. In Nederland zijn geen data beschikbaar waarmee een vergelijkbare analyse kan worden uitgevoerd als die gedaan is door Hallmann et al. (2017). Kleijn et al. (2017) zeggen hierover: "Vrijwel alle wetenschappers zijn het erover eens dat insecten in Nederland zijn afgenomen de afgelopen jaren. De trends van individuele soortengroepen waarvoor informatie beschikbaar is, vertonen echter niet allemaal een eenduidige afname. Het lijkt erop dat de achteruitgang van soorten die kenmerkend zijn voor het agrarische landschap onverminderd doorgaat. Soorten die momenteel voor hun voorkomen sterk afhankelijk zijn van natuurgebieden lijken te hebben geprofiteerd van herstelmaatregelen in deze gebieden. Dit geldt niet of in mindere mate voor soorten die gevoelig zijn voor de effecten van stikstofdepositie." En: "De trends van afzonderlijke soortengroepen waarvoor op dit moment goede gegevens beschikbaar zijn, kunnen niet zonder meer geëxtrapolerd worden naar trends in insecten het algemeen vanwege het feit dat de momenteel beschikbare trends gebaseerd zijn op waarnemingen die voornamelijk in natuurgebieden zijn gedaan en het onduidelijk is welk deel de veel getelde soorten als bijen, vlinders, libellen en zweefvliegen uitmaken van de totale insectengemeenschap."

10.4 Kwaliteit van de resultaten

10.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

10.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

10.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

10.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014. Aanvullingen daarop zijn:

CBS, WU (2017). The SEEA EEA carbon account for the Netherlands. CBS en WU. M. Lof, S. Schenau, R. de Jong, R. Remme, C. Graveland, L. Hein.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

De Knegt et al. (in prep.). Natuurlijk Kapitaal Model voor modellering ecosysteemdiensten in Nederland.

Hallmann Caspar A., Martin Sorg, Eelke Jongejans, Henk Siepel, Nick Hofland, Heinz Schwan, Werner Stenmans, Andreas Müller, Hubert Sumser, Thomas Hörren, Dave Goulson, Hans de Kroon
Published: October 18, 2017 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Kleijn, D., R.J. Bink, C.J.F. ter Braak, R. van Grunsven, W.A. Ozinga, I. Roessink, J.A. Scheper, A.M. Schmidt, M.F. Wallis de Vries, R. Wegman, F.F. van der Zee, Th. Zeegers (2017). Achteruitgang insectenpopulaties in Nederland: trends, oorzaken en kennislacunes. Wageningen Environmental Research. Rapport 22871. Wageningen.

Reemer, M. (2018). Basisrapport voor de Rode Lijst Bijen. EIS. Rapportnummer EIS2018-06.

11 Erosiebestijding

Auteurs: Riksen (WENR), De Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 47%
- Trend aanbod: stabiel
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: A. (vrijwel) volledig

11.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

11.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

11.3 Resultaten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

Navraag bij enkele experts bij WENR en bij de provincie hebben bevestigd dat de situatie niet veel anders is dan in 2014. Daarom worden de resultaten uit 2014 integraal overgenomen.

11.4 Kwaliteit van de resultaten

11.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

11.4.2 Volledigheid

Volledigheid: **A. (vrijwel) volledig**, B. bevat belangrijkste aspecten, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

11.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

11.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

12 Waterberging

Auteurs: Marjolein Lof (WU), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 36%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

12.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

12.2 Methode

Uit: Remme et al., 2018.

Input data

Name dataset	Data type	Source
Ecosystem Type map	Spatial data	Statistics Netherlands
Tree cover map: bomen 10m	Spatial data	RIVM
Shrub cover map: struik 10m	Spatial data	RIVM
Grass cover map: gras 10m	Spatial data	RIVM
Soil map urban areas: bofek_10m_v2	Spatial data	RIVM
CBS buurt 2013 (v2)	Spatial data	Statistics Netherlands
Infiltration capacity data	Reference values	Akan et al. (1993)
Interception of precipitation by vegetation	Reference values	Nedkov and Burkhard (2012)

Main assumptions

It is assumed that the infiltration capacity per soil- and vegetation type provided in the tables below represents reality in the Netherlands reasonably well. Local soil compaction and the possible influence of tilling and ploughing was not taken into account here though. In addition the occurrence of e.g. clayey and loamy deposits at greater depths below the surface were not taken into account, possibly leading to local errors where these deposits do occur.

Method description

For the calculation of infiltration capacity of rain water in urban areas we combined the Ecosystem Type map with a 10 m spatial grain with three vegetation maps (RIVM, 2017a; RIVM 2017c; RIVM 2017e) of trees, shrubs and grass with a 10 m spatial grain and a soil map that contains soil types in urban areas (RIVM, 2017d). These present the percentage of the cell that is covered with trees, shrubs and grass, respectively. In the 10 m grain cells, 1% cover equals 1 m^2 cover. Infiltration capacity depends on soil type, soil moisture and the presence of vegetation. We used a look up table approach to combine the soil map with initial infiltration rates in moist and dry soils and for dense and no vegetation (table 12.1). In unpaved areas, rain water can infiltrate both in vegetated and in open

areas, while in paved areas, rain water can only infiltrate in vegetated areas. In dry/unsaturated soils, vegetation enhances infiltration capacity. Infiltration capacity for each 10m x 10m cell was calculated as:

$$\text{Infiltration}_{\text{dry,unpaved}}(x,y,t) = p_{\text{vegetated}}(x,y) * \text{infiltration}_{\text{vegetated}}(\text{soil type}(x,y),t) + p_{\text{open}}(x,y) * \text{infiltration}_{\text{open}}(\text{soil type}(x,y),t)$$

for dry/unsaturated soils in unpaved areas,

$$\text{Infiltration}_{\text{dry,paved}}(x,y,t) = p_{\text{vegetated}}(x,y) * \text{infiltration}_{\text{vegetated}}(\text{soil type}(x,y),t)$$

for dry/unsaturated soils in paved areas, respectively

$$\text{Infiltration}_{\text{saturated,unpaved}}(x,y,t) = \text{infiltration}_{\text{open}}(\text{soil type}(x,y),t)$$

for saturated soils in unpaved areas, and

$$\text{Infiltration}_{\text{saturated,paved}}(x,y,t) = p_{\text{vegetated}}(x,y) * \text{infiltration}_{\text{saturated}}(\text{soil type}(x,y),t)$$

for saturated soils in paved areas.

In these equations, $p_{\text{vegetated}}$ is the total fraction of the cell that is occupied by forest, shrubs and grass and p_{open} is the remaining fraction, i.e. soil without vegetation. We classified cells as paved or unpaved based on the ecosystem type (table 12.2).

Infiltration capacity in dry/unsaturated soil is calculated based on the Horton model that calculates current infiltration rate based on an initial infiltration capacity, f_0 , and a final infiltration capacity, f_c , and the time since the start of the infiltration, t , and a constant k that models how fast the infiltration capacity declines. The Horton model (Horton, 1933):

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

The Horton model can be integrated to calculate the total infiltration in time t ,

$$F(t) = f_c t + ((f_0 - f_c) * (1 - e^{-kt}) / k)$$

We use the total infiltration in 60 minutes for our calculations for infiltration (table 12.1).

To calculate interception by the vegetation, we used a look-up table in combination with the three vegetation maps; tree map, shrub map and grass map (table 12.3). We assume that interception of the vegetation is linked to actual tree, shrub and low vegetation cover. The low vegetation on agricultural fields was not included in the original low vegetation maps, we adjusted this map to account for crop and grass cover in the fields. We furthermore assume that interception of litter only takes place at forest floor. So interception by litter is linked to forest ecosystem types only.

Table 12.1 Initial infiltration capacity, final infiltration capacity and total infiltration in 60 minutes, depending on soil type and presence vegetation (Akan et al., 1993).

Soil type	Infiltration (mm/h (per m ²))			Infiltration (mm in 1h (per m ²))	
	Initial infiltration capacity, f_0		Final infiltration capacity, f_c	Total infiltration in 60 minutes, $F(60)$	
	Dry soil		Saturated soil	Dry soil	
	Vegetated ¹	Open ¹		Vegetated	Open
Heavy clay soil	50	25	0.5	12.3	6.3
Clay soil	50	25	1.5	13.0	7.1
Organic soils	50	25	2.2	13.6	7.6
Loam soil	150	75	2.1	37.3	19.4
Sandy loam soil	150	75	6.0	40.2	22.4
Loamy sand soil	150	75	11.0	44.0	26.2
Sandy soils	250	125	20.0	74.7	45.0

¹ Based on a relationship between values of initial infiltration for moist and dry soils and sparse and dense vegetation proposed by Akan et al. (1993) (i.e. infiltration in soil with dense vegetation is 2 * infiltration in soil with sparse to no vegetation).

Table 12.2 Division in paved (impermeable for rain water) and unpaved (permeable for rain water) soil based on ecosystem type.

	Ecosystem types
unpaved	All agricultural ecosystems (except green houses and built-up farm yards), all dune ecosystems, all forest and other natural ecosystems and other unpaved terrain, river flood plains and tidal salt marshes
paved	All built up areas, green houses and built-up farm yards.

Table 12.3 Interception of precipitation of trees, shrubs and grass (Nedkov and Burkhard, 2012).

Vegetation type	Interception (mm)	
	Vegetation	Litter
Trees	3.0	5.8
Shrubs	1.0	
Grass	1.3	

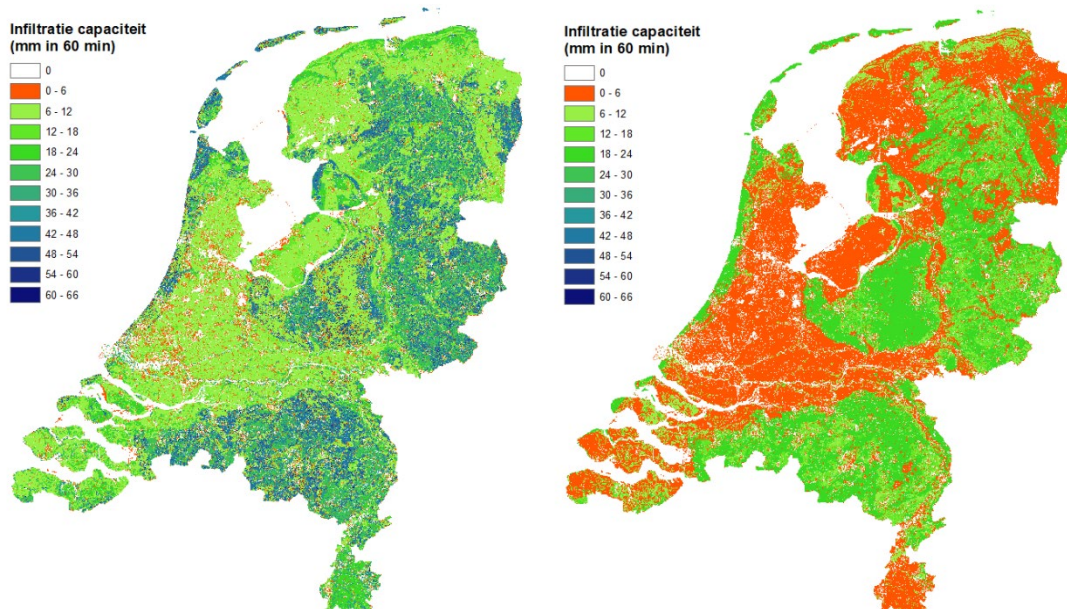
Indicator

De indicator is uitgedrukt als percentage van het totaal aantal mensen dat onder de infiltratienorm van 6mm water per jaar wonen. De norm van 6 mm is afgeleid op basis van een expertinschatting. De berekening is eerst gedaan voor de situatie zonder vegetatie en daarna voor de situatie met vegetatie. Het verschil tussen beide is de werkelijke bijdrage die tot de ecosysteemdienst gerekend wordt.

12.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

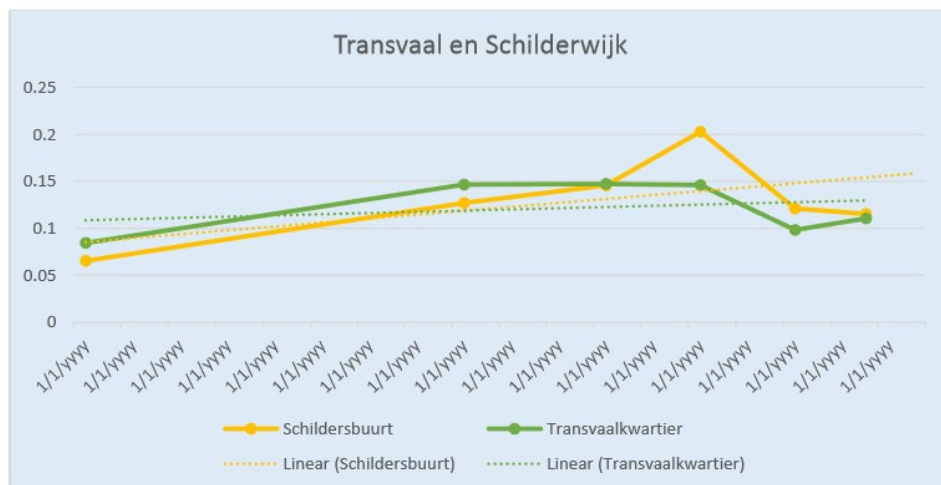
8,1 miljoen mensen in Nederland vallen boven de norm als de bodem onverzadigd is bij aanvang van de bui, en 3,3 miljoen mensen vallen boven de norm als de bodem al verzadigd is bij aanvang van de bui. Dat komt neer op 48,9% respectievelijk 20,2% van de totale Nederlandse bevolking. Het gemiddelde van beide cijfers komt afgerond uit op 35%. Zie ook figuur 12.1.



Figuur 12.1 Infiltratiecapaciteit in millimeter per uur bij onverzadigde (links) en verzadigde bodem (rechts).

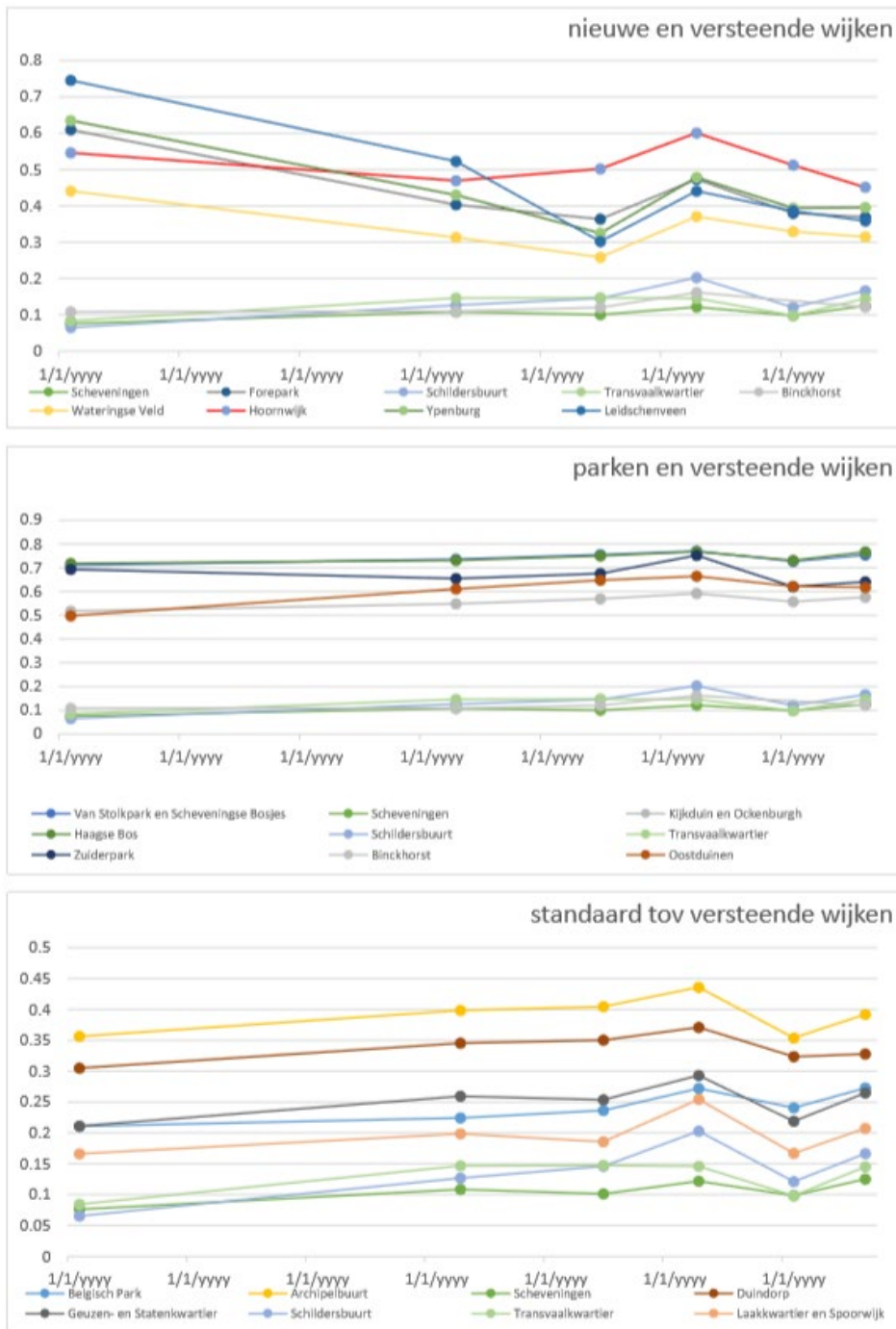
Trend aanbod

In het hoofdstuk over groene recreatie (hoofdstuk 17) staat dat de hoeveelheid groen in stedelijke agglomeraties licht gestegen is sinds het jaar 2000. Er is ook onderzoek gedaan naar het percentage groen in steden op basis van de NDVI-groenindex (Roerink, 2018). Dit is alleen gedaan voor verschillende stadsdelen in Den Haag en dus niet voor de rest van Nederland. Uit deze resultaten komt eerder een stabiele trend naar voren dan een licht stijgende trend (zie figuur 12.2 en 12.3). De resultaten van de groenmonitor zijn echter wel sterk afhankelijk van weersinvloeden (Roerink, 2018).



Figuur 2, Groenindex schildersbuurt en Transvaalkwartier over periode 1984-2017

Figuur 12.2 Groenindex voor twee stadsdelen in Den Haag.

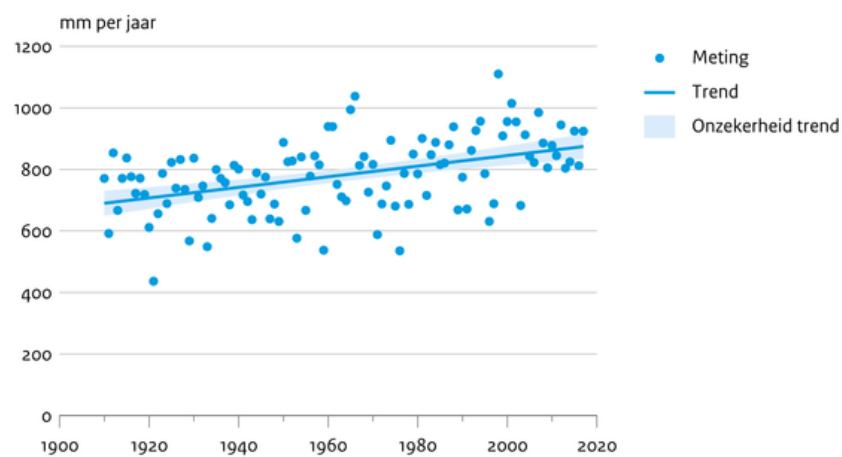


Figuur 12.3 Vergelijking van groenindex nieuwbouw (boven), parken (midden), standaard (onder) ten opzichte van versteende wijken.

Trend vraag

Zie De Knecht et al., 2014. Een update van de grafieken staat hieronder. Hieruit blijkt dat de gemiddelde hoeveelheid te verwerken neerslag toeneemt (figuur 12.4) en ook het aantal dagen met piekbuien van 50 millimeter of meer (figuur 12.5).

Hoeveelheid neerslag

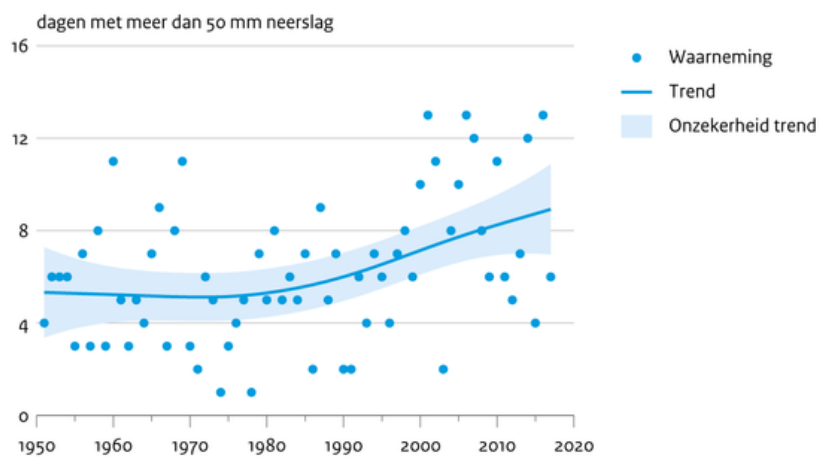


Bron: KNMI; bewerking PBL

PBL/mrt18
www.clo.nl/nl050807

Figuur 12.4 Ontwikkeling van de hoeveelheid neerslag in mm per jaar.

Aantal dagen met zware neerslag



Bron: KNMI; bewerking PBL

PBL/mrt18
www.clo.nl/nl059001

Figuur 12.5 Ontwikkeling van het aantal dagen met meer dan 50 mm neerslag.

12.4 Kwaliteit van de resultaten

12.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

12.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

12.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

12.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.), 2014 voor literatuur. Aanvullingen daarop zijn:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2018). Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2017 (indicator 0508, versie 07, 25 april 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS, PBL, RIVM, WUR (2018). Extreme neerslag in Nederland, 1910-2017 (indicator 0590, versie 01, 25 april 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

13 Bodemvruchtbaarheid (hydrologie)

Auteurs: Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 82%
- Trend aanbod: afname
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: C. bevat enkele aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

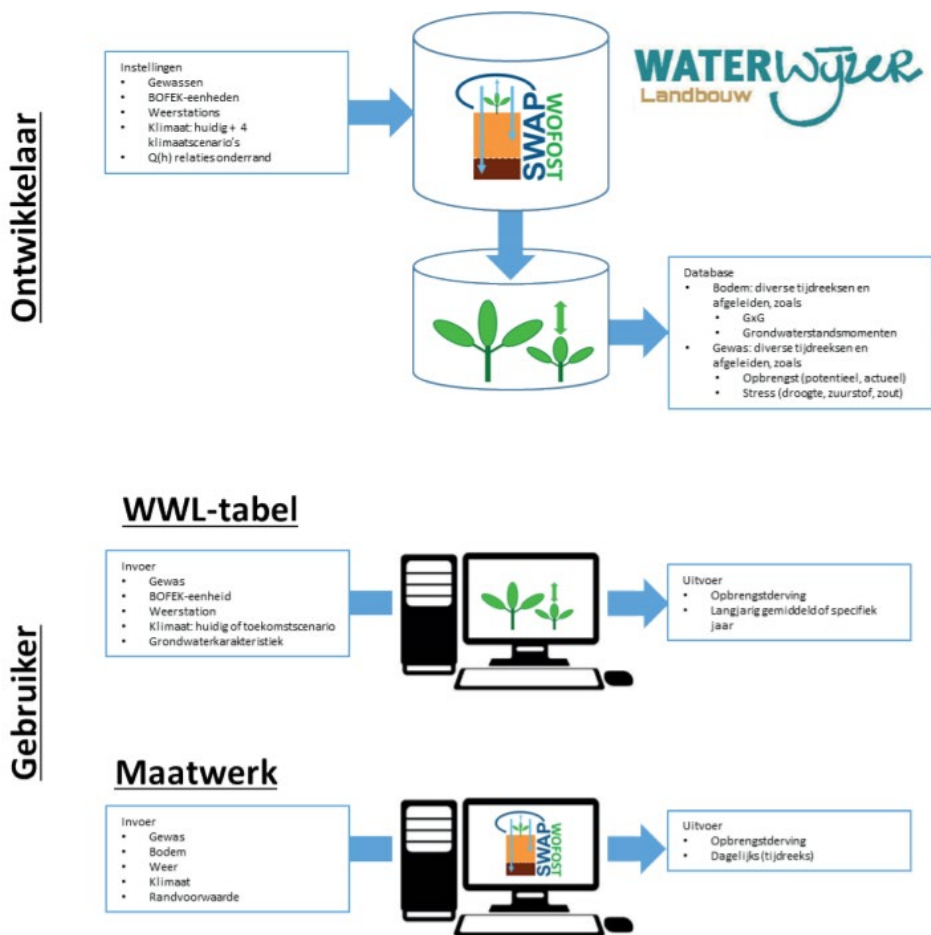
13.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

13.2 Methode

Uit STOWA 2018:

“Het model SWAP (Soil, Water, Atmosphere, Plant) simuleert transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde en deels verzadigde zone van de bodem. Een belangrijke component in SWAP is de berekening van wateropname door het gewas, en hoe deze door gebrek aan water (droogte), gebrek aan zuurstof (te natte omstandigheden) of een te hoog zoutgehalte kan worden gereduceerd (Bartholomeus et al., 2013; Hack-ten Broeke et al., 2013). Gereduceerde gewasverdamping als gevolg van onvoldoende wateropname heeft gevolgen voor de gewasgroei. De berekende transpiratiereductie wordt daarom als invoer gebruikt voor het dynamische gewasgroeimodel WOFOST of voor de eenvoudige gewasgroeimodellering in SWAP. De gewasgroei wordt in het model hierop aangepast en resulteert in een berekening van de actuele gewasgroei. Het is echter niet zo dat de groeireductie lineair afhankelijk is van de transpiratiereductie, bijvoorbeeld omdat er compensatie in gewasproductie kan plaatsvinden na eerder opgelopen groeireductie. Het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST bevat veel proceskennis en is getoetst aan veldexperimenten, zoals voor de verschillende fases van Waterwijzer Landbouw is beschreven door Hack-ten Broeke et al. (2013), Kroes et al. (2015), Knotters et al. (2017) en Mulder et al. (2018). Zowel SWAP als WOFOST zijn modelinstrumenten die ook internationaal veel gebruikt worden en ze zijn zodoende ook onder allerlei andere omstandigheden getoetst. Voor de onderzoekers die aan de modellen werken, geldt dat zij specialisten zijn op hun vakgebied. De modellen zijn relatief complex, hebben veel invoergegevens nodig en er is zodoende specialistische kennis vereist om het modelinstrumentarium te draaien. SWAP-WOFOST is wel voor iedereen te downloaden via de website (www.waterwijzer.nl; <http://swap.wur.nl>) en daarmee bruikbaar voor wat we maatwerk noemen.”



Figuur 13.1 Schematische weergave van Waterwijzer Landbouw, bestaande uit een deel voor de ontwikkelaar waarmee de database met basisuitkomsten (tijdreeksen bodem- en gewasuitvoer) en enkele afgeleiden (bijv. gxx en gewasstress) wordt berekend, en twee componenten voor de gebruiker om voor zijn of haar situatie opbrengstderiving te bepalen: de wwl-tabel en maatwerk met het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST.

Als alternatief voor gebruikers van Waterwijzer Landbouw zijn echter ook metarelaties afgeleid van het modelinstrumentarium waarin de relatie tussen waterhuishoudkundige condities (grondwaterkarakteristieken) en gewasgroei op jaarbasis zijn beschreven voor een aantal gewassen (zie Bijlage B). Met deze werkwijze heeft de gebruiker, naast de mogelijkheid om de gewasgroei tot in detail te simuleren (Maatwerk), ook de mogelijkheid om de gewasgroei te bepalen op basis van metarelaties (WWL-tabel), zie figuur 13.1 (gebruiker). Het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST is ook gekoppeld aan het BedrijfsBegrotingsProgramma voor Rundveehouderij (BBPR; Schils et al., 2007). Dit bestaat uit modules voor voedselvoorziening, voor economie en milieu en een module voor het berekenen van het saldo en een bedrijfsbegroting. Aan de hand van de melkveestapel en de grasgroei (in het gekoppelde modelinstrumentarium berekend met SWAP-WOFOST) wordt het graslandgebruik gesimuleerd. Dit betreft de beslissing om te weiden of te maaien en in het geval van weiden, de beweidingsduur per perceel. Het graslandgebruik interacteert met de voeropname van melkvee en jongvee. Op basis van de voedselvoorziening worden vervolgens de opbrengsten, kosten en belangrijke milieueffecten berekend en ten slotte saldo en bedrijfsbegroting.

De koppeling tussen de modellen SWAP en WOFOST levert een berekening op van potentiële en actuele productie als gevolg van het verschil tussen potentiële en actuele gewasverdamping én de dynamische gewasontwikkeling en terugkoppeling met hydrologie. De koppeling met BBPR maakt het mogelijk om de indirecte effecten te kwantificeren, omdat deze indirecte effecten direct gekoppeld zijn aan het graslandgebruik zoals dat in BBPR wordt berekend.

In BBPR is de N-voorziening van het grasland erg belangrijk. Voor Waterwijzer Landbouw willen we effecten van hydrologie kunnen beschouwen zonder naar andere effecten te kijken. Voor het bepalen van bijvoorbeeld bedrijfseconomische gevolgen in relatie tot gangbare bedrijfsvoering kunnen we er echter niet omheen dat in Nederland geen sprake kan zijn van optimale N-giften. Daarom is ervoor gekozen om in BBPR te rekenen met een relatief hoge (suboptimaal), maar wel realistische N-gift, en deze te gebruiken om een reductiefactor voor de gewasopbrengst te bepalen.

Toepassing van BBPR vraagt om expertkennis op het gebied van melkveehouderij. BBPR is niet vrij toegankelijk, maar is wel benaderbaar via de website <https://www.wur.nl/nl/OnderzoekResultaten/Onderzoeksinstituten/livestock-research/Producten/Show/Bedrijfs-BegrotingsProgramma-Rundvee-BBPR.htm>. De gekoppelde versie met SWAP-WOFOST kan in overleg met en door de collega's van Wageningen Livestock Research worden toegepast.

Voor de WWL-tabel zijn rekenregels voor maaien en weiden afgeleid van BBPR. Zodoende kunnen verschillen in graslandmanagement wel worden meegenomen in de metarelaties voor het kwantificeren van effecten van hydrologie op grasproductie. Voor zowel grasland als snijmaïs kan de productie worden omgezet naar financiële opbrengst op basis van voederwaarde voor het vee.

Voor akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten, bloembollen, boomteelt en fruitteelt kan in de WWL-tabel de gewasopbrengst in kg ha⁻¹ omgezet naar € ha⁻¹ op basis van prijzen uit de KWIN-database. De afkorting KWIN-AGV staat voor KWantitatieve INformatie voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenten.

Kwantificeren en specificeren van opbrengstderving

Definitie opbrengstderving

In Waterwijzer Landbouw definiëren we de opbrengstderving als het relatieve verschil in gewasopbrengst tussen de potentiële en de actuele gewasgroei:

$$Y_{red} = \frac{Y_{pot} - Y_{act}}{Y_{pot}} \quad \text{Vergelijking 5.1}$$

Waarbij:

Y_{pot}	: Potentiële gewasopbrengst	[kg _{ds} ha ⁻¹]
Y_{act}	: Actuele gewasopbrengst	[kg _{ds} ha ⁻¹]
Y_{red}	: Opbrengstderving	{}

De potentiële gewasopbrengst wordt bij dynamische gewasmodellering berekend als functie van het CO₂-gehalte, de zonnestraling, temperatuur, gewassenmerken en op basis van het vochtspanningscriterium en temperatuurcriterium aan het begin en einde van het groeiseizoen bij een diepe grondwaterstand. Bij het hanteren van een diepe grondwaterstand worden effecten van te natte omstandigheden geminimaliseerd; alleen als gevolg van hevige neerslag kan de potentiële gewasopbrengst worden beïnvloed. Bij het eenvoudige gewasgroeimodel is de potentiële gewasopbrengst een gegeven. Gereduceerde gewasverdamping als gevolg van onvoldoende wateropname heeft gevolgen voor de gewasgroei. De transpiratiereductie als gevolg van directe effecten wordt gebruikt om de actuele gewasopbrengst te berekenen. Daarnaast kan de actuele gewasopbrengst zijn beïnvloed als gevolg van het gehanteerde vochtspanningscriterium en temperatuurcriterium.

Specificeren van opbrengstderving

Het modelinstrumentarium is in staat om de reductie (Y_{red}) op te splitsen in een aandeel indirecte en directe effecten, waarbij directe effecten verder worden gespecificeerd in aandelen droogte-, zuurstof- en zoutstress:

$$Y_{red} = \frac{Y_{ind}}{Y_{pot}} + \frac{Y_{dir}}{Y_{pot}} = \frac{Y_{ind}}{Y_{pot}} + \frac{Y_{dry}}{Y_{pot}} + \frac{Y_{wet}}{Y_{pot}} + \frac{Y_{salt}}{Y_{pot}}$$

Vergelijking 5.2

Waarbij:

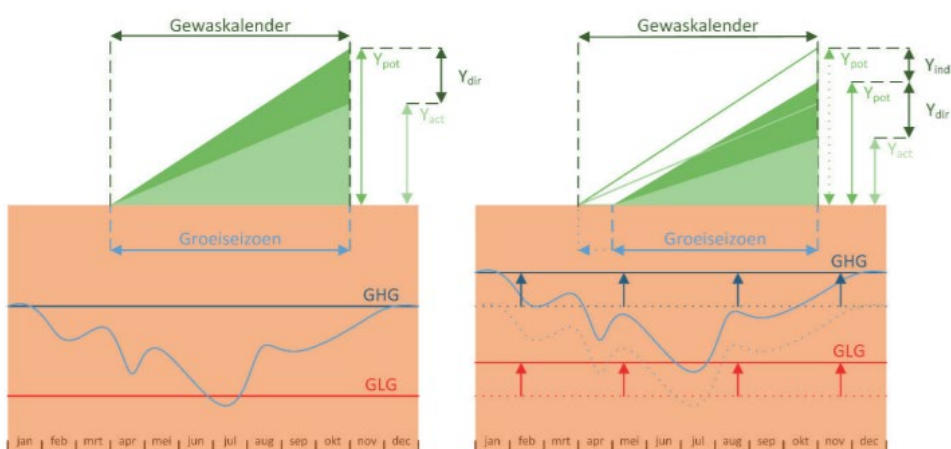
Y_{ind}	: Opbrengstderving als gevolg van indirecte effecten	$[\text{kg}_{ds} \text{ ha}^{-1}]$
Y_{dir}	: Opbrengstderving als gevolg van directe effecten	$[\text{kg}_{ds} \text{ ha}^{-1}]$
Y_{dry}	: Opbrengstderving als gevolg van droogtestress	$[\text{kg}_{ds} \text{ ha}^{-1}]$
Y_{wet}	: Opbrengstderving als gevolg van zuurstofstress	$[\text{kg}_{ds} \text{ ha}^{-1}]$
Y_{salt}	: Opbrengstderving als gevolg van zoutstress	$[\text{kg}_{ds} \text{ ha}^{-1}]$

Het SWAP-model is in staat om op de transpiratiereductie uit te rekenen in aandelen droogte, nat en zout. Hierbij wordt verondersteld dat de relatieve verdeling in transpiratiereductie gelijk is aan de relatieve opbrengstderving.

Bij dynamische gewasmodellering geldt dat dit een benadering is van de werkelijkheid, omdat er geen sprake is van een lineair verband tussen verdamping en gewasopbrengst. In het voorjaar zal bijvoorbeeld de hoeveelheid transpiratie per dag gemiddeld lager zijn dan in de zomer, waardoor de transpiratiereductie in het voorjaar minder zwaar meetelt. De transpiratiereductie in het voorjaar (en daarmee de opgelopen achterstand in de groeiontwikkeling) zal echter tot het einde van groeiseizoen doorwerken. Desalniettemin geeft het onderscheid een indicatie van de oorzaak van de opbrengstderving. Het specificeren van directe effecten en indirecte effecten wordt hieronder geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld, waarbij er sprake is van een vernattingsmaatregel. In figuur 13.2 is links de gewasontwikkeling schematisch weergegeven voor een akkerbouwgewas voordat de hydrologische maatregel heeft plaatsgevonden (referentiesituatie) en rechts de situatie na de hydrologische maatregel. In het voorbeeld nemen we aan dat bij de referentiesituatie sprake is van een optimaal groeiseizoen, het vochtspannings- en het temperatuurcriterium hebben dus geen invloed op de lengte van het groeiseizoen. De opbrengstderving in de referentiesituatie wordt dus alleen beïnvloed door de directe effecten (Y_{dir}).

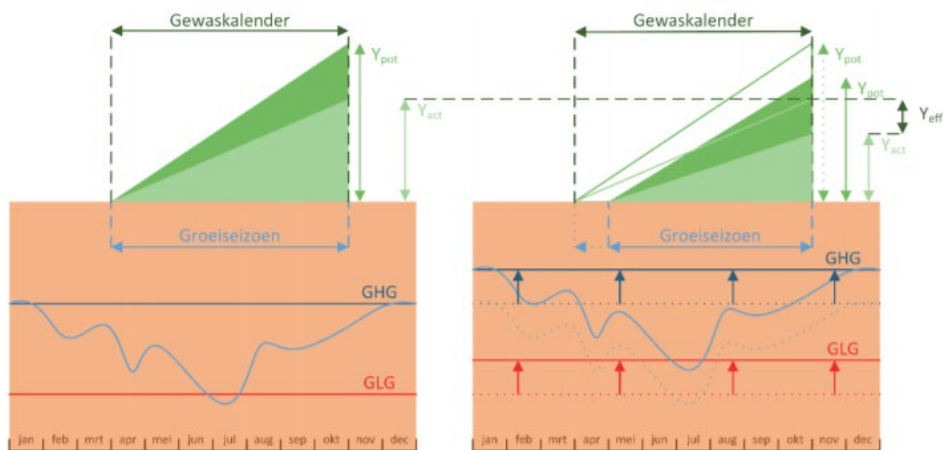
Als gevolg van de vernattingsmaatregel wordt in het voorbeeld aan het begin van het groeiseizoen niet voldaan aan het vochtspanningscriterium, waardoor er sprake is van een verkort groeiseizoen. De potentiële gewasopbrengst die hoort bij een optimaal groeiseizoen is alleen afhankelijk van het bodemtype en zal dus als gevolg van de vernattingsmaatregel niet worden beïnvloed. Door het verkorten van het groeiseizoen introduceren we wel een zogenaamde tweede potentiële gewasopbrengst, namelijk een potentiële gewasopbrengst die hoort bij een uitgesteld (en dus suboptimaal) groeiseizoen. Het verschil tussen deze twee duiden we aan als indirecte effecten (Y_{ind}).

In dit specifieke voorbeeld heeft een maatregel een negatief effect op de gewasopbrengst. Uiteraard kan een ingreep ook een positief effect hebben, bijvoorbeeld door een vermindering van droogte- of zuurstofstress.



Figuur 13.2 Illustratie van berekening van gewasopbrengst met SWAP-WOFOST voor een willekeurige situatie, waarbij links de huidige situatie wordt weergegeven en rechts de situatie na een vernattingsmaatregel. Het donkergroene vlak in de figuur geeft de potentiële gewasopbrengst (Y_{pot}) aan en het lichtere groene vlak de actuele gewasopbrengst (Y_{act}). Opbrengstderving als gevolg van directe en indirecte effecten worden respectievelijk met Y_{dir} en Y_{ind} aangegeven.

Om te bepalen wat voor effect de hydrologische maatregel heeft gehad op de opbrengstderving kunnen we kijken naar het verschil in de berekende actuele gewasopbrengst; dit is weergegeven met Y_{eff} in figuur 13.3.

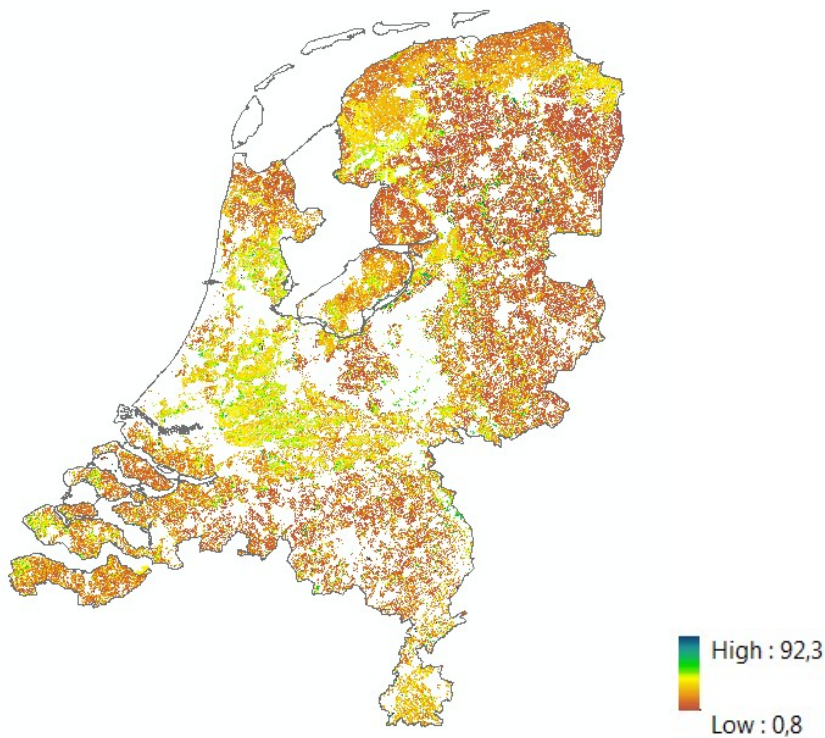


Figuur 13.3 Illustratie van berekening van gewasopbrengst met SWAP-WOFOST voor een willekeurige situatie vergelijkbaar met figuur 13.2. De verandering in gewasopbrengst als gevolg van de vernattingsmaatregel is aangegeven met Y_{eff} .

13.3 Resultaten

Gebruik en aanbod

De gemiddelde opbrengstderving voor heel Nederland komt uit op 82% (figuur 13.4).



Figuur 13.4 Kaart Waterwijzer landbouw (opbrengstderving in %).

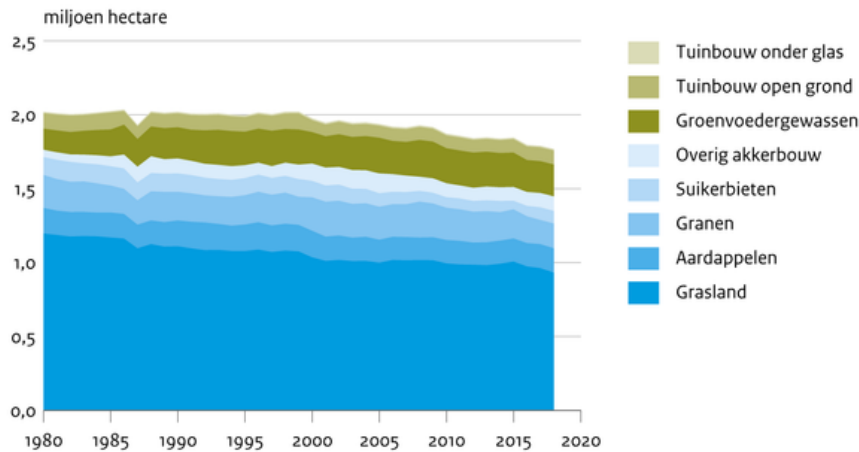
Trend vraag

Zie De Knecht et al., 2014. Daarin wordt gesteld dat de vraag naar vruchtbare bodems groot is en blijft. Doel is om elk jaar een grotere productie te realiseren.

Trend aanbod

De trend van het aanbod wordt bepaald door de hoeveelheid (oppervlakte) en de kwaliteit van de bodems. Het aanbod van vruchtbare bodems neemt af doordat het areaal landbouwgrond daalt (figuur 13.5).

Agrarische oppervlakte



Bron: CBS

CBS/jun2019
www.clo.nl/nl211908

Figuur 13.5 Verandering van de agrarische oppervlakte in Nederland.

Kwaliteit bodem

Naast de oppervlakte landbouwgrond wordt de bodemvruchtbaarheid bepaald door de verandering van de vruchtbaarheid van bodems zelf. Er zijn verschillende signalen over de verandering van het organischestofgehalte in de bodem en deze wijzen niet dezelfde kant uit. Enerzijds lijkt de aanvoer van organisch materiaal af te nemen, anderzijds zie je dat niet terug in de organischestofgehalte in de bodem. Sommige bronnen lijken te wijzen op een lichte toename, alhoewel andere bronnen deze toename niet vinden. Het organischestofgehalte lijkt in ieder geval niet te dalen (Louis Bolk instituut, 2019).

“De resultaten van Reijneveld et al. (2009) en Brolsma et al. (2017) lijken een indicatie dat zorgen rondom het huidige mestbeleid niet gegrond zijn. Echter, deze studies hebben behoorlijke onzekerheidsfactoren, vooral doordat het niet-herhaalde metingen op dezelfde locaties betreft. Hierdoor ontstaat een vertekend beeld doordat onder andere de effecten van veranderend landgebruik niet meegenomen zijn. De meetronde binnen Slim landgebruik (Slim landgebruik, 2019; Tol-Leenders, in prep.) is een waardevolle bron van informatie. Hierbij wordt de significant stijgende trend zoals geconstateerd door Reijneveld et al. (2009) niet teruggevonden. Dit is mogelijk veroorzaakt doordat de dataset kleiner is (iets meer dan 1000 in plaats van 300.000 monsters), het een andere meetperiode omvat, maar het kan ook zijn dat het beeld van Reijneveld et al. (2009) inderdaad vertekend was. Wel bevestigt de Slim landgebruik-studie het beeld dat het organischestofgehalte in Nederland gemiddeld genomen niet daalt. In beide studies zijn de data ook per regio, per sector en per grondsoort geanalyseerd en hier herhaalt zich hetzelfde patroon: Reijneveld et al. (2009) en Brolsma et al. (2017) vinden enkele significante stijgingen, Tol-Leenders et al. (in prep.) niet. Wel wordt in beide studies een significante daling gevonden in moerige gronden in Noord- en West-Nederland, vermoedelijk door de afbraak van veenresten.” (Bron: Louis Bolk instituut (2019).)

“Uit resultaten van het teeltregistratieprogramma Unitip van de Suiker Unie (Unitip, 2019) blijkt dat in de meeste gebieden het organischestofgehalte de laatste jaren gemiddeld lager is dan in de periode

rond het jaar 2000. Datzelfde dalende verloop wordt ook gevonden voor de Pw-cijfers. Deze ontwikkeling ligt in lijn met de door Unitip berekende tekorten in de balans van aan- en afvoer over het gehele bouwplan bij deelnemers (Brooijmans, pers. comm.) Om de kwaliteit van de Nederlandse akkerbouwgronden op peil te houden, dient de balans, rekening houdend met onvermijdelijke verliezen, minstens in evenwicht te zijn.” (Bron: Louis Bolk instituut (2019).)

Daarnaast zijn er aanwijzingen dat de bodemvruchtbaarheid door klimaatverandering wordt beïnvloed. Het gaat dan om het organischestofgehalte, bodemstructuur en zoutgehalte (Schils, 2012). Er zijn aanwijzingen dat de bodemvruchtbaarheid daardoor afneemt (snellere afbraak organische stof, afname bodemstructuur, meer zoute kwel).

13.4 Kwaliteit van de resultaten

13.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

13.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, B. bevat belangrijkste aspecten, **C. bevat enkele aspecten**

Bodemvruchtbaarheid bestaat uit een aantal aspecten, waarvan we er maar een deel bekeken hebben. Het gaat bijvoorbeeld om het vermogen van de bodem om water vast te houden voor gewasgroei, maar ook om water voldoende af te voeren. Te natte of te droge bodems zorgen daarbij voor opbrengstderiving. Ook het bodemleven, het organischestofgehalte, de structuur van de bodem en de voedingsstoffen in de bodem bepalen de capaciteit van de bodem voor het groeien van gewassen. Daarnaast is er een interactie tussen deze factoren. Zo zal het organischestofgehalte en het bodemleven invloed hebben op de structuur van de bodem en daarmee op de beschikbaarheid van voedingsstoffen en het vermogen van de bodem om water vast te houden en voldoende goed af te voeren.

13.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

13.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014. Aanvullingen daarop zijn:

Brolsma, K., E. Ton en A. Reijneveld (2017). Bodemvruchtbaarheid in Nederland over de periode 2005 – 2015. Trends in de chemische, de fysische en de biologische bodemvruchtbaarheid per LEI gebied voor elke grondsoort en per sector. Eurofins Agro. 49 p.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

Louis Bolk Instituut (2019).

https://www.rli.nl/sites/default/files/fact_finding_paper_3_organische_stof_in_de_nederlandse_bodem_-_chris_koopmans_en_mieke_van_opheusden_louis_bolk_instituut.pdf

Reijneveld, A., J. Van Wensum, en O. Oenema, (2009). Soil organic carbon content of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. Geoderma 152: 231-238.

Schils, R. (2012). 30 vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid. <https://edepot.wur.nl/211205>

STOWA (2018). Waterwijzer-Landbouw. Waterwijzer Landbouw. Instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. Rapportnummer 2018-48.

Tol-Leenders, D. van, M. Knotters, W. de Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F. van Egmond en H. Wösten (in prep.). Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998 – 2018). Wageningen Environmental Research, 65 p en bijlagen.

Unitip (2019). <https://www.cosunleden.nl/unitip/unitip-verslagen>

14 Waterzuivering

Auteurs: Luuk van Gerven (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag: 26%
- Trend aanbod: stabiel
- Trend vraag: afname
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

14.1 Werking van de ecosystemendienst

Aquatische ecosystemen hebben het natuurlijke vermogen om stoffen die in het water terechtkomen voor een deel vast te leggen of te verwijderen. Dit zelfreinigend vermogen is een ecosystemendienst. Bij het ontbreken van deze natuurlijke zuiverende werking zouden de stofconcentraties in het oppervlaktewater hoger zijn en zouden minder waterlichamen voldoen aan de doelstellingen die de Kaderrichtlijn Water stelt voor voldoende schoon en gezond water (Kaika, 2003).

Het zelfreinigend vermogen hangt af van de eigenschappen van de te zuiveren stoffen. Zo wordt een inerte stof moeilijker gezuiverd (vrijwel alleen via begraving in de waterbodem) dan een stof die wel kan worden omgezet of afgebroken. Anderzijds hangt het zelfreinigend vermogen af van de condities in het oppervlaktewater, zoals temperatuur, stroomsnelheid, samenstelling van de waterbodem en de aanwezigheid van waterplanten. Deze condities zijn namelijk bepalend voor de activiteit van natuurlijke zuiveringsprocessen. Tabel 14.1 geeft een overzicht van de natuurlijke zuiveringsprocessen voor nutriënten. Het gaat om een combinatie van biochemische processen (plantopname, denitrificatie en anammox), fysische processen (begraving) en chemische processen (ammoniakvervluchtiging en -sorptie). De activiteit van deze processen kan sterk variëren gedurende het jaar. Zo zijn de biochemische processen vooral actief in het voorjaar en de zomer wanneer het waterleven het actiefst is, terwijl chemische en fysische processen het hele jaar door actief kunnen zijn. De processen hebben met elkaar gemeen dat ze de stoffen ofwel verwijderen naar de lucht (eerste drie processen in tabel 14.1), ofwel tijdelijk/permanent opslaan in waterplanten of waterbodem.

Tabel 14.1 Overzicht van zuiveringsprocessen voor stikstof (N) en fosfor (P) (Vymazal, 2007; Kadlec et al., 1996; Kadlec et al. 2009).

Proces	Omschrijving	Grijpt aan op
Ammoniak- vervluchtiging	Omzetting van in water opgelost ammonium (NH ₄) naar ammoniak (NH ₃). Dit ammonium (NH ₄) vormt namelijk een chemisch evenwicht met gasvormige componenten (NH ₃). Bij hogere pH verschuift dit evenwicht richting de gasvormige componenten, leidend tot vervluchtiging die significant is vanaf een pH van 8.	N
Denitrificatie	Omzetting van in water opgelost nitraat (NO ₃) in stikstofgas (N ₂) en soms lachgas (N ₂ O), door bacteriën die organisch materiaal omzetten en daarvoor nitraat gebruiken als oxidator, bij gebrek aan zuurstof. Denitrificatie treedt vooral op bij voldoende hoge temperatuur, voldoende afbreekbaar organisch materiaal en een pH die niet te hoog of te laag is (optimum pH ligt tussen 6 en 8).	N
Anammox	Omzetting van in water opgelost nitriet (NO ₂) en ammonium (NH ₄) in stikstofgas (N ₂), ook wel anoxische ammonium oxidatie (anammox) genoemd. Net als denitrificatie is anammox een biologisch (bacterieel) proces. De grootte van dit proces is vrij onbekend in vergelijking met denitrificatie, al laat recent onderzoek aan een helofytenfilter zien dat het een significant proces kan zijn: het geproduceerde stikstofgas werd voor een derde deel geproduceerd door anammox en voor de rest door denitrificatie (Zhu et al., 2011).	N
Plantopname (in combinatie met maaien)	Opname van nutriënten (NO ₃ , NH ₄ en PO ₄) door planten voor hun groei en onderhoud. Dit is een vorm van tijdelijke opslag, bij afsterven van plantmateriaal komen de nutriënten weer terug in de waterkolom. Door te maaien en het maaisel af te voeren, worden de door planten opgenomen nutriënten uit het systeem verwijderd.	N & P
Sorptie aan waterbodem	Hechting van N (NH ₄) en P (PO ₄) aan organisch of anorganisch materiaal in de bodem. Het gaat om een reversibele binding. Bij veranderende condities kan de binding loslaten (desorptie), bijvoorbeeld wanneer de nutriëntenconcentratie in het water afneemt. De sorptiecapaciteit hangt af van de bodemsamenstelling. Zo kan NH ₄ goed binden aan klei en bindt PO ₄ goed aan klei, ijzer, aluminium en kalk. Bij grote hoeveelheden bindingsmateriaal kan P ermee reageren en zodoende neerslaan.	N & P
Begraving	Begraving van dood organisch materiaal (detritus) met daarin nutriënten (N _{org} en P _{org}) in het sediment. Deze begraving wordt veroorzaakt door nieuwe aanwas van sediment/slib door bezinking van detritus en zwevende sedimentdeeltjes. Bij voldoende aanwas wordt het onderliggende sediment op termijn 'begraven'.	N & P

14.2 Methode

Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag

De bijdrage van de natuurlijke waterzuivering aan de huidige vraag is bepaald door te berekenen welk deel van de oppervlaktewateren in Nederland niet meer zou voldoen aan de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) als de natuurlijke waterzuivering zou ontbreken. Hierbij is alleen gekeken naar nutriënten en niet naar andere stoffen. Nutriënten zijn in het gros van de oppervlaktewateren de bepalendste stoffen als het gaat om de waterkwaliteit. De natuurlijke waterzuivering is berekend met de 'Zuiveringstool', die recentelijk is ontwikkeld ter voorspelling van het effect van maatregelen op de nutriëntentoestand van het oppervlaktewater in Nederland (Van Gerven, 2020). Centraal hierbij staat het huidige, natuurlijke zuiverend vermogen van het oppervlaktewater en hoe dit vermogen kan worden vergroot door het nemen van extra zuiveringsmaatregelen zoals het aanleggen van natuurvriendelijke oevers of vloeivelden (helofytenfilters). Voor het doeleinde van deze rapportage over ecosystemendiensten is alleen gekeken naar het huidige, natuurlijke zuiverend vermogen. Het aanvullend effect van maatregelen is dus achterwege gelaten.

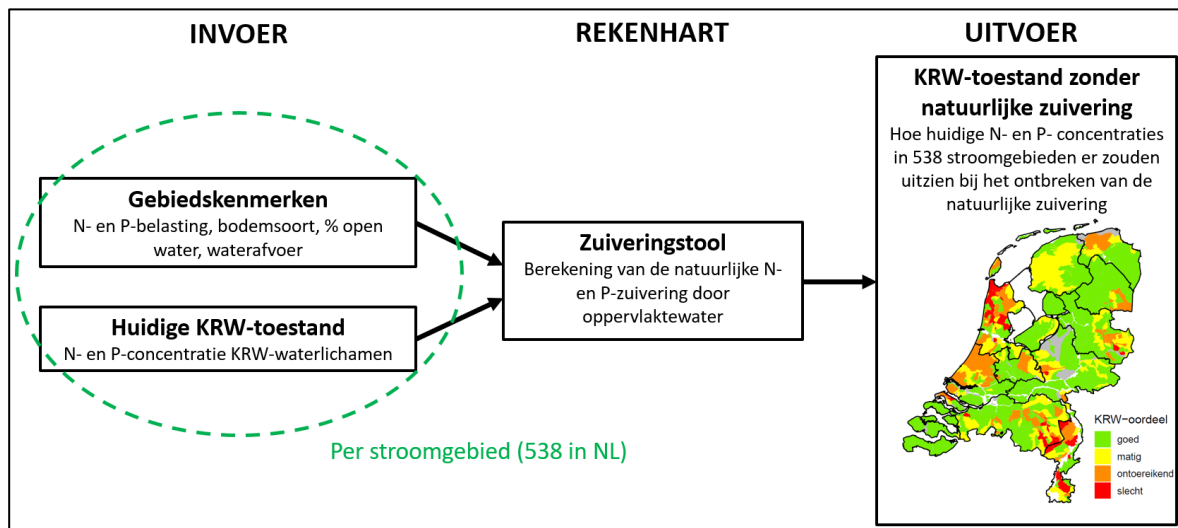
Aanpak op hoofdlijnen

Figuur 1.1 illustreert de invoer, het rekenhart en de uitvoer van de zuiveringstool zoals gebruikt voor deze studie. Hieronder volgt een aantal kenmerken:

- **Doel:** Het kwantificeren van het effect van het natuurlijke zuiverend vermogen op het behalen van de KRW-doelen voor stikstof (N) en fosfor (P). In de huidige situatie voldoet ongeveer 45% van de waterlichamen aan deze KRW-concentraties (KRW-factsheets, rapportagejaar 2018). Hoe valt dit percentage uit als het natuurlijke zuiverend vermogen zou wegvallen?
- **Ruimtelijk schaalniveau:** Nederland is ingedeeld in 538 stroomgebieden. De ligging en kenmerken van deze stroomgebieden zijn overgenomen uit de studie 'Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten' (Groenendijk et al., 2016). Voor elk van de stroomgebieden is gekeken of het inliggende

KRW-waterlichaam in de huidige situatie voldoet aan de KRW-normen voor N of P. Sommige stroomgebieden herbergen meerdere KRW-waterlichamen. Voor deze stroomgebieden is gekeken naar het KRW-waterlichaam met de grootste opgave.

- **Temporeel schaalniveau:** De zuiveringstool berekent per stroomgebied de zomerhalfjaargemiddelde natuurlijke zuivering. Het effect van het ontbreken van deze natuurlijke zuivering wordt geprojecteerd op de huidige zomerhalfjaargemiddelde N- en P-concentraties van de KRW-waterlichamen zoals gerapporteerd voor de KRW.
- **Technische details:** De zuiveringstool is geprogrammeerd in R, een vrij te downloaden programmeerplatform. De invoer is in de vorm van een aantal tekstbestanden (.txt en .csv) die met Excel kunnen worden aangepast.



Figuur 14.1 Schematisch overzicht van invoer, rekenhart en uitvoer van de zuiveringstool. Voor verdere details over de zuiveringstool verwijzen we naar Van Gerven (2020).

Invoer

Voor elk van de 538 stroomgebieden gebruikt de zuiveringstool de volgende invoergegevens:

- **Gebiedskenmerken**, van invloed op de natuurlijke zuivering, overgenomen uit Groenendijk et al. (2016):
 - Huidige nutriëntenbelasting op het oppervlaktewater (N, P): het betreft een gemiddelde belasting over de periode 2010-2013, die is bepaald via een combinatie van modelresultaten (STONE; Wolf et al., 2003) en meetgegevens (Emissieregistratie; www.emissieregistratie.nl). Ter berekening van het zelfreinigend vermogen is de nutriëntenbelasting opgedeeld in de diffuse belasting vanuit het land (uit- en afspoeling vanuit landbouw en natuurgronden) en de belasting vanuit overige nutriëntenbronnen (vaak puntbronnen zoals waterinlaat vanuit bovenstroomse stroomgebieden of vanuit omringende rivieren en lozingen van industrie, RWZI's of overstorten).
 - Type gebied: is het stroomgebied een polder, een vrij afwaterend gebied of een combinatie van beide (overgangsg gebied)?
 - Bodemsoort: bestaat de bodem van het stroomgebied vooral uit zand, veen, klei of löss?
 - Openwateroppervlak: waarbij onderscheid is gemaakt tussen winter en zomer, ervan uitgaand dat sommige waterlopen in de zomer droogvallen en daardoor niet bijdragen aan het totale zomeropenwateroppervlak in het stroomgebied.
 - Waterafvoer: zomer- en winterhalfjaargemiddelde afvoer van gebiedseigen water zoals berekend door STONE in de periode 2010-2013.
 - Oppervlak: totale oppervlak van het stroomgebied (land en water).
- **Huidige KRW-toestand:** de huidige waterkwaliteit (N- en P-concentraties zoals gerapporteerd voor de KRW in 2018) en de KRW-normen van N en P voor alle KRW-waterlichamen in Nederland, evenals het stroomgebied waarin het KRW-waterlichaam ligt.

Rekenhart

Op basis van de opgegeven invoer berekent de zuiveringstool per KRW-waterlichaam de nutriëntenconcentratie zoals die zou zijn zonder natuurlijke zuivering ($C_{\text{zonder zuivering}}$) volgens:

$$C_{\text{zonder zuivering}} = \left(\frac{1}{1 - r_{\text{huidig}}} \right) C_{\text{huidig}}$$

waarin:

C_{huidig} huidige nutriëntenconcentratie van het KRW-waterlichaam (zoals gerapporteerd voor de KRW in 2018). Als een stroomgebied meerdere KRW-waterlichamen herbergt, is gekeken naar het slechtst scorende KRW-waterlichaam (met grootste opgave).

r_{huidig} huidige zuiverend vermogen van het oppervlaktewatersysteem, uitgedrukt in een retentiefraction met een waarde tussen 0 (geen zuivering) en 1 (volledige zuivering).

Het huidige zuiverend vermogen van het watersysteem (r_{huidig}) is berekend op basis van gebiedskenmerken, via de methodiek toegepast in Groenendijk et al. (2016). In tabel 14.2 is te zien hoe het zuiverend vermogen is berekend naargelang het type gebied (polder, vrij afwaterend of een combinatie van beiden), het type nutriënt (stikstof of fosfor) en het type nutriëntenbron: uit- en afspoeling (diffuse belasting) of overige bronnen (puntbelasting). Als laatste stap bepaalt de zuiveringstool of de berekende concentratie zonder zuivering ($C_{\text{zonder zuivering}}$) voldoet aan de KRW-norm, zoals gerapporteerd en gehanteerd door de waterschappen.

Tabel 14.2 Gebruikte methode om per type gebied het huidige zuiverend vermogen (retentie) te berekenen, uitgesplitst naar stikstof (N, links) en fosfor (P, rechts), voor verschillende type bronnen. Verdere details over deze methodiek staan in Van Boekel et al., 2012.

Type gebied	Stikstof (N)		Fosfor (P)	
	Uit- en afspoeling	Overige bronnen	Uit- en afspoeling	Overige bronnen
Veen- en kleipolder	Retentie o.b.v. openwateroppervlak	Retentie o.b.v. openwateroppervlak	50%	20%
Zandpolder	50%	20%	50%	20%
Overgangsgebied	50%	20%	50%	20%
Vrij afwaterend gebied	Retentie o.b.v. afvoer- en verblijftijden	20%	Retentie o.b.v. afvoer- en verblijftijden	20%

Trend in aanbod

Voor de trend in het aanbod is gekeken in hoeverre toekomstige maatregelen van de waterbeheerders effect hebben op de natuurlijke zuivering van het oppervlaktewater. Hiervoor zijn geplande maatregelen voor de KRW beschouwd zoals vastgelegd in de stroomgebiedsbeheerplannen (KRW-rapportagejaar 2018). Als de maatregelen voldoende bijdragen aan de natuurlijke zuivering, dan is er sprake van een positieve trend in het aanbod. Doen de maatregelen afbreuk aan de natuurlijke zuivering, dan resulteert dit in een negatieve trend. Bij een klein effect van de maatregelen op de zuivering spreken we van een stabiele situatie qua aanbod.

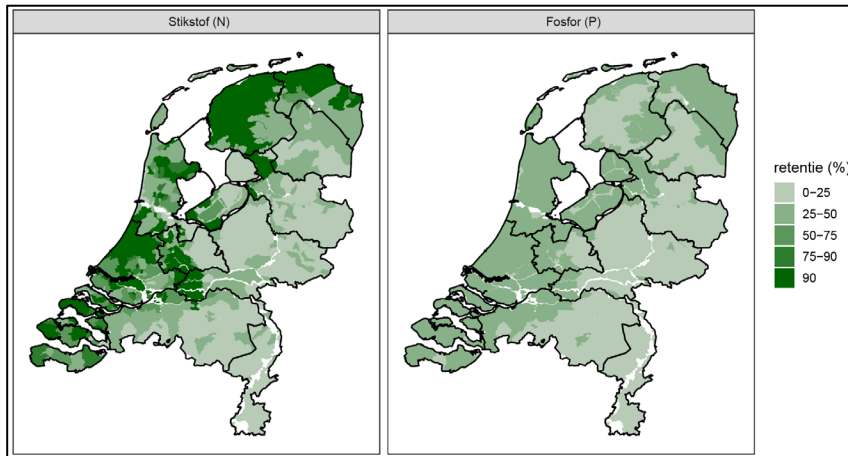
Trend in vraag

Ter bepaling van de trend in vraag is de hoeveelheid te zuiveren stoffen in het oppervlaktewater beschouwd en de veranderingen hierin vanaf 2000. Oftewel, er is gekeken naar trends in de belasting van het oppervlaktewater, volgend uit de rapportages van het CLO (Compendium van de Leefomgeving, www.clo.nl). Deze belasting bestaat uit rechtstreekse emissies (huishoudens en bedrijven), uit directe lozingen van afvalwater (rioolwaterzuiveringsinstallaties, riooloverstorten en regenwaterriolen), uit diffuse bronnen uit het landelijk gebied (uit- en afspoeling vanuit natuur- en landbouwgronden) en uit belasting vanuit de lucht (atmosferische depositie op oppervlaktewater). Bij het bepalen van trends in de belasting zijn verschillende stofgroepen beschouwd, namelijk nutriënten, PAK's, zware metalen, gewasbeschermingsmiddelen en geneesmiddelen. Bij een toename van de belasting van deze stoffen vanaf 2000 is er sprake van een positieve trend in de vraag. Een afnemende belasting resulteert in een negatieve trend in de vraag. (Zie ook bijlage 1.)

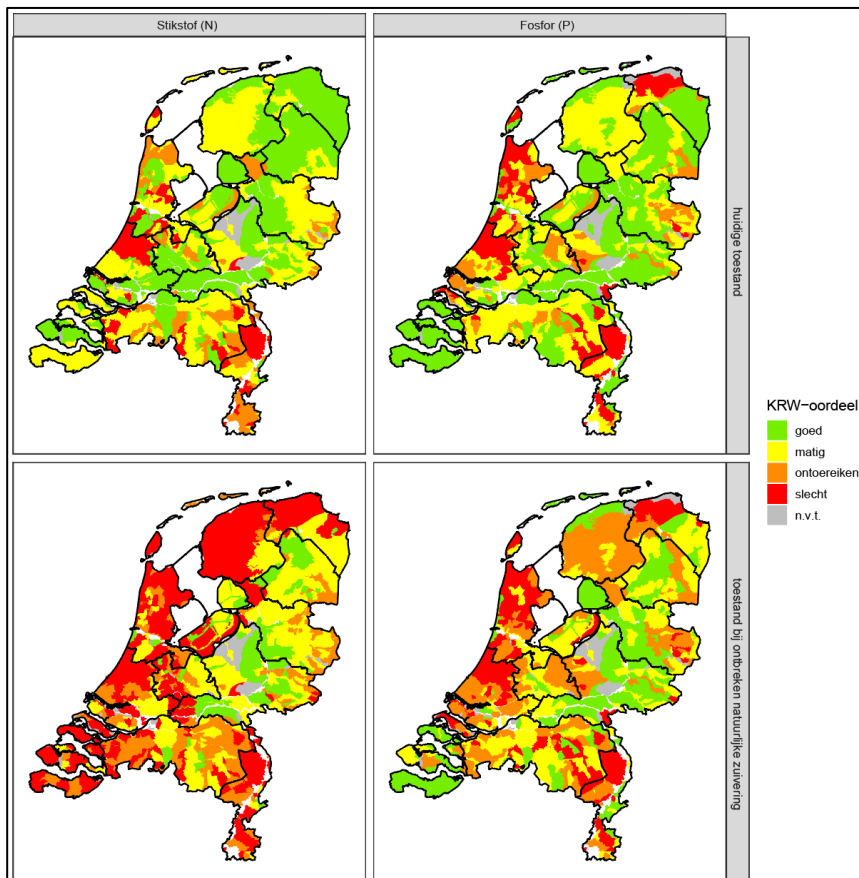
14.3 Resultaten

Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. huidige vraag

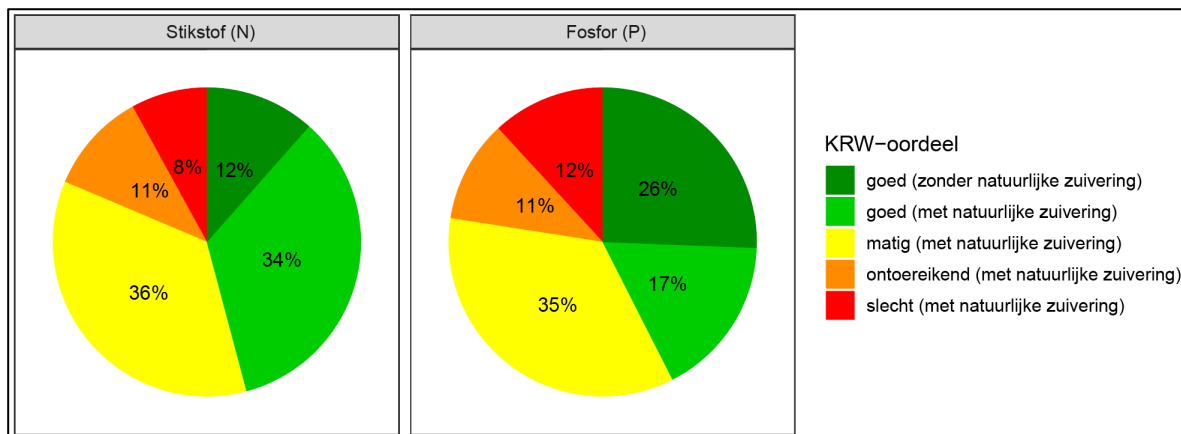
De natuurlijke zuivering van oppervlaktewateren is geïllustreerd in een drietal figuren. Allereerst laat figuur 14.2 zien hoe groot de natuurlijke zuivering is voor nutriënten. Vervolgens toont figuur 14.3 de huidige oppervlaktewaterkwaliteit en hoe die zou veranderen als de natuurlijke zuivering zou wegvallen. Figuur 14.4 geeft een samenvatting van figuur 14.3 in de vorm van een taartdiagram.



Figuur 14.2 Huidige zomerhalfjaargemiddelde natuurlijke zuivering (retentie) van het oppervlaktewater zoals berekend door de zuiveringstool voor stikstof (links) en fosfor (rechts).



Figuur 14.3 De oppervlaktewaterkwaliteit (KRW-oordeel) voor stikstof (links) en fosfor (rechts) in de huidige toestand (KRW-rapportagejaar 2018) (boven) en bij de fictieve toestand wanneer de natuurlijke zuivering van het oppervlaktewater zou ontbreken (beneden), zoals berekend door de zuiveringstool.



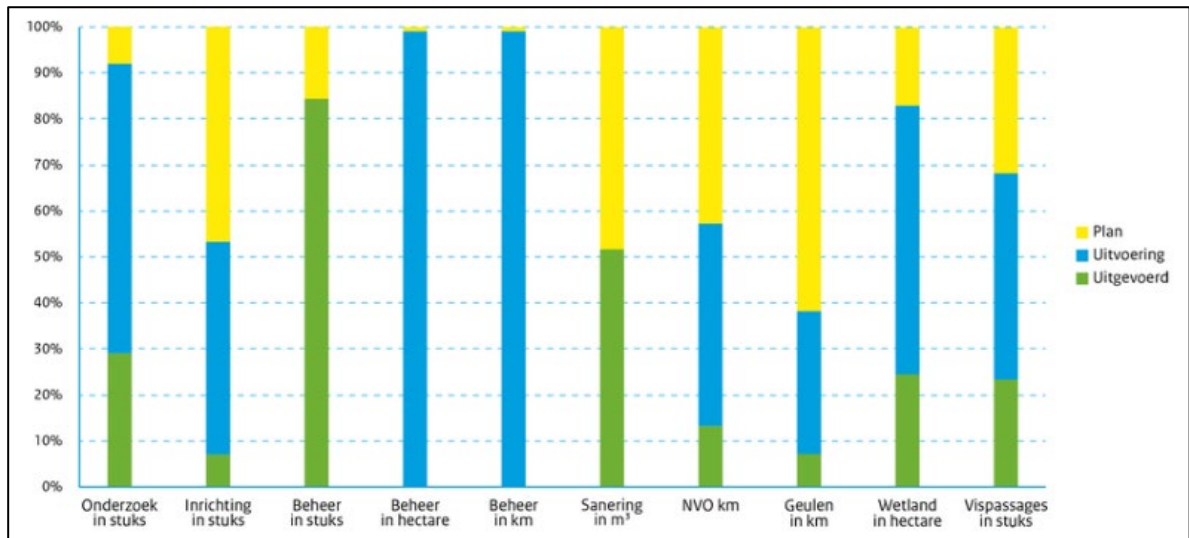
Figuur 14.4 De huidige oppervlaktewaterkwaliteit (KRW-oordeel) voor stikstof (links) en fosfor (rechts) voor alle 538 stroomgebieden in Nederland (gewogen naar hun oppervlak) waarmee de zuiveringstool rekent. Voor de stroomgebieden die voldoen aan de KRW-norm is tevens gekeken welk deel nog steeds zou voldoen bij het ontbreken van de natuurlijke zuivering (donkergroen) en welk deel niet meer zou voldoen (lichtgroen).

Voor de berekening van het eindresultaat (natuurlijke zuivering als ecosysteemdienst) gaan we uit van het percentage van de stroomgebieden waarbij het KRW-oordeel goed is vanwege natuurlijke zuivering (zie figuur 14.4: N=34%, P=17%). Voor N (34%) en P (17%) gemiddeld kom je dan uit op **26%**.

Trend in aanbod

Om te voldoen aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water, zijn waterbeheerders druk met het uitvoeren en plannen van KRW-maatregelen. Deze maatregelen worden vastgelegd in Stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) die tot stand komen in nauw overleg met alle partijen die te maken hebben met water, zoals waterschappen, drinkwaterbedrijven, provincie, gemeenten en Rijkswaterstaat. Elke zes jaar worden de SGBP's herzien. Inmiddels zijn we bijna bij de derde periode of tranche beland; SGPB-3 (2022-2027), waar SGPB-1 liep van 2009-2015 en SGPB-2 loopt van 2016-2021. Figuur 14.5 illustreert de huidige stand van zaken voor de maatregelen van SGPB-2, zoals gerapporteerd door Rijkswaterstaat voor de rijkswateren. Voor de regionale wateren (grond- en oppervlaktewater) ligt deze rapportagetaak bij provincie en waterschappen.

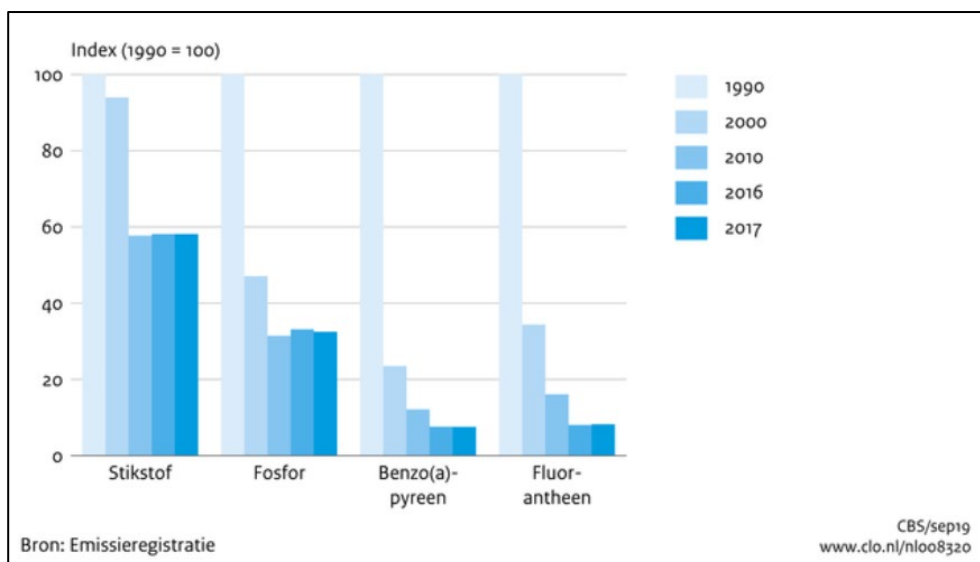
Niet alle KRW-maatregelen uit de SGBP's hebben effect op de natuurlijke zuivering van oppervlaktewater, zoals de aanleg van vispassages en het verminderen van de emissies vanuit landbouw en RWZI's. Van de inrichtingsmaatregelen is wel een deel bevorderlijk voor de natuurlijke zuivering. Denk aan de aanleg van natuurvriendelijke oevers, nevengeulen en helofytenfilters en het laten hermeanderen van beken. Deze maatregelen zorgen namelijk voor een natuurlijker karakter van rivieren, beken, meren en overgangs- en kustwateren, waardoor de natuurlijke zuivering wordt gestimuleerd. Het gaat echter om een lichte verbetering. Er zijn weliswaar in totaal voor enkele duizenden kilometers aan hermeanderingsprojecten en natuurvriendelijke oevers uitgevoerd en gepland, maar op het totaal van ongeveer 300.000 km aan waterlopen in Nederland zorgt dit landsbreed voor een beperkte toename van de natuurlijke waterzuivering. Te beperkt om te kunnen spreken van een positieve trend in de ecosysteemdienst waterzuivering. Daarom komen we uit op een stabiele situatie wat betreft de natuurlijke waterzuivering, oftewel een **stabiel** aanbod van deze ecosysteemdienst.



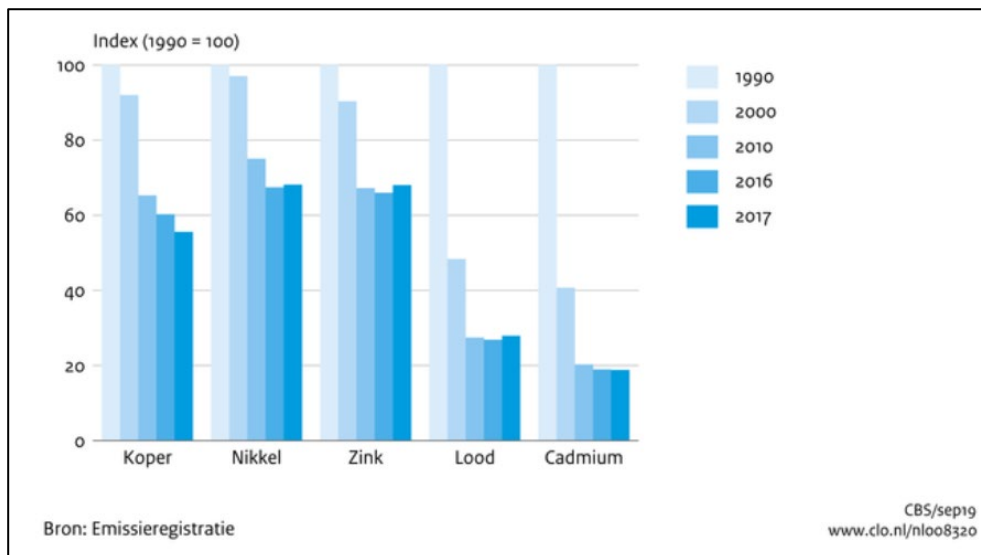
Figuur 14.5 De fase waarin de SGBP2-maatregelen voor de rijkswateren zich bevinden per eind 2018. Bron: KRW-rapportage Rijkswaterstaat (2018).

Trend in vraag

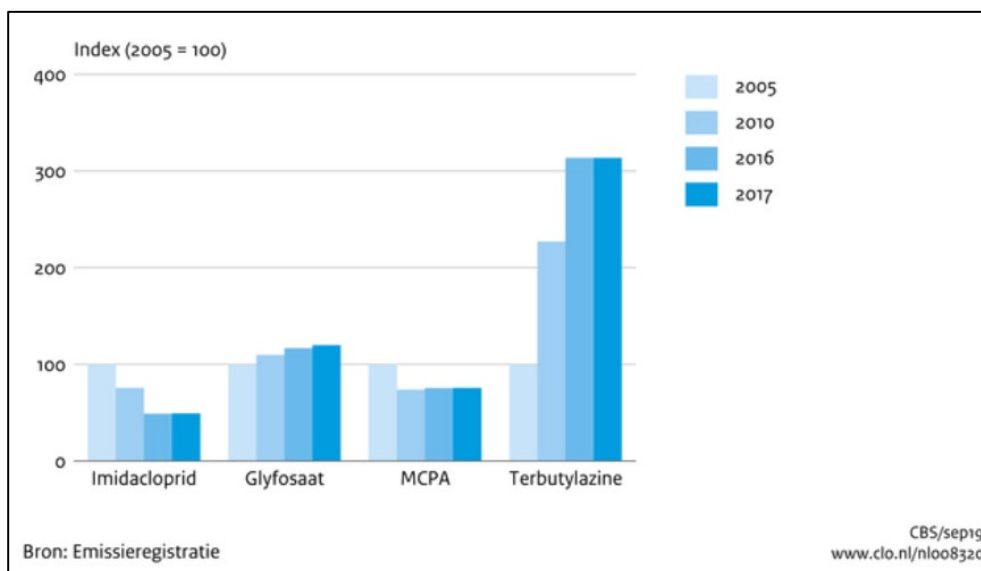
De belasting van het oppervlaktewater is voor de meeste stoffen afgenomen in de afgelopen decennia. Dit volgt uit rapportages van het Compendium voor de Leefomgeving (CLO), gebaseerd op metingen en modelberekeningen, waaruit blijkt dat twaalf van de achttien beschouwde stoffen een neerwaartse trend in belasting laat zien (CLO, 2019). Tot deze twaalf stoffen behoren de nutriënten en PAK's (figuur 14.6) en de zware metalen (figuur 1.7). Al lijkt de neerwaartse trend vanaf 2010 wel te stagneren, zoals voor nutriënten ook al geconstateerd door Van Gaalen et al. (2015). Van de beschouwde gewasbeschermingsmiddelen (figuur 14.8) en geneesmiddelen (figuur 14.9) vertonen de meeste stoffen een (licht) stijgende trend. Samenvattend voor alle stoffen is de algehele trend neerwaarts, althans vanaf 2000 waar de 'trend in vraag' in deze studie betrekking op heeft. Vanaf 2000 komen er gemiddeld genomen steeds minder stoffen in het oppervlaktewater, waardoor de trend in vraag naar natuurlijke waterzuivering (als ecosysteemdienst) **afneemt**.



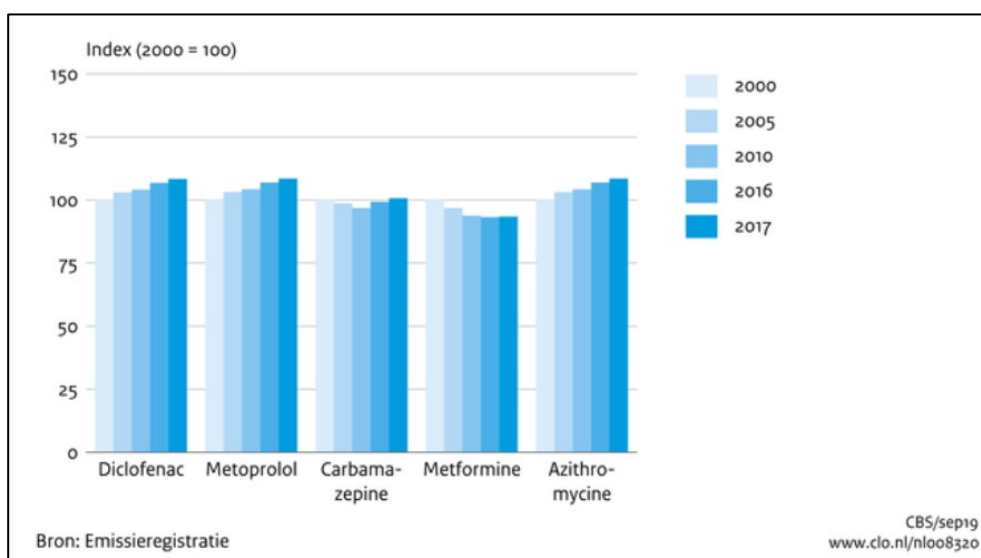
Figuur 14.6 Belasting van oppervlaktewater met stikstof, fosfor en PAK's. Bron: CLO (2019).



Figuur 14.7 Belasting van oppervlaktewater met zware metalen. Bron: CLO (2019).



Figuur 14.8 Belasting van oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen. Bron: CLO (2019).



Figuur 14.9 Belasting van oppervlaktewater met geneesmiddelen. Bron: CLO (2019).

14.4 Kwaliteit van de resultaten

14.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

14.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

14.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3-st4**-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

14.5 Literatuur

- Van Boekel, E.M.P.M., P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolten, 2012. Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. Wageningen. Alterra, Alterra-rapport 2326.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2019). Belasting van het oppervlaktewater, 1990-2017 (indicator 0083, versie 20, 1 oktober 2019). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- Van Gaalen, F., A. Tiktak, R. Franken, E.M.P.M. van Boekel, P. van Puijenbroek en H. Muilwijk, 2015. Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.
- Van Gerven, L.P.A. 2020. Zuiveringstool oppervlaktewaterkwaliteit, Een rekeninstrument ter voorspelling van het effect van zuiveringsmaatregelen op de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater. Rapportage in het kader van WOT Natuur & Milieu, Wageningen University & Research.
- Groenendijk, P., E.M.P.M. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels, T. de Koeijer, 2016. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Wageningen Environmental Research rapport 2749.
- Kadlec R.H., Knight R.L., 1996. Treatment wetlands. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1996. 893 pp.
- Kadlec R.H., Wallace S., 2009. Treatment wetlands. Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2009. 1046 pp.
- Kaika, M., 2003. The Water Framework Directive: A New Directive for a Changing Social, Political and Economic European Framework, *European Planning Studies*, 11:3, 299-316.
- Vymazal, J., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, Volume 380, Issues 1-3, Pages 48-65.
- Zhu, G., Wang S., Feng X., Fan G., Jetten M.S.M., and Yin C., 2011. Anammox Bacterial Abundance, Biodiversity and Activity in a Constructed Wetland. *Environmental Science & Technology* 2011 45 (23).

15 Kustbescherming

Auteurs: Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 21%
- Trend aanbod: stabiel
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: D. schatting gebaseerd op aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten

15.1 Werking van de ecosystemendienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

15.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

15.3 Resultaten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

15.4 Kwaliteit van de resultaten

15.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen, **D. schatting gebaseerd op aantal metingen**, E. schatting o.b.v. expert judgement

15.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

15.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

15.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014.

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

16 Natuurlijk erfgoed

Auteur: Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 61%
- Trend aanbod: stabiel
- Trend vraag: stabiel
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten

16.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knegt (ed.) 2014.

16.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

16.3 Resultaten

Uit: CBS, PBL, RIVM, WUR (2020)

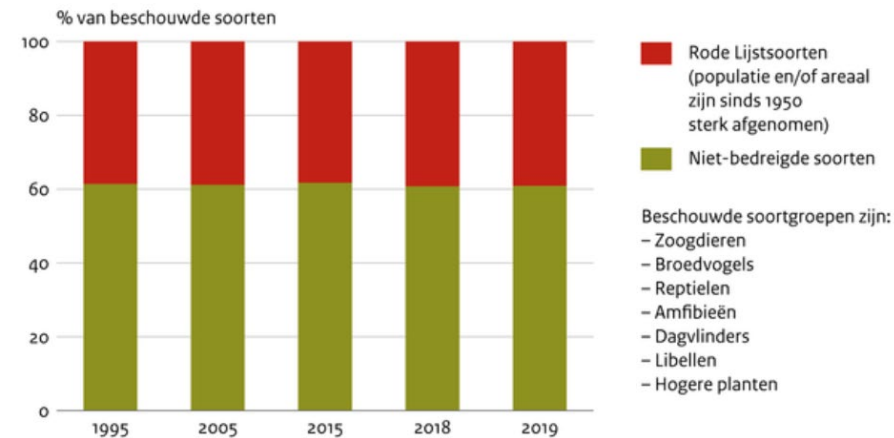
Aanbod en gebruik & trendaanbod

Bedreigde en niet-bedreigde soorten

Het percentage soorten dat in Nederland op de Rode Lijst van bedreigde soorten staat is een van de kernindicatoren voor de toestand van de Nederlandse biodiversiteit (zie Samenhang biodiversiteitsindicatoren). De indicator (figuur 16.1) geeft het jaarlijkse percentage van een vaste set van 1771 soorten uit 7 soortgroepen weer, dat op basis van de trend en toestand in aantallen of verspreiding een bedreigde status heeft zoals berekend volgens de Nederlandse Rode Lijst-methodiek. Hoe meer soorten bedreigd zijn, des te slechter staat de natuur ervoor en andersom. Tussen 1950 en 1995 is het aantal bedreigde soorten sterk toegenomen. Méér dan een derde van alle soorten is in die periode op de Rode Lijst geplaatst.

Tot het jaar 2005 liep het aantal bedreigde soorten nog licht op, maar in de tien jaar daarna herstelden populaties van een aantal planten- en diersoorten zich enigszins en werden de Rode Lijsten iets korter (tot 61% in 2019).

Rode Lijstsoorten en niet-bedreigde soorten



Bron: NEM (Soortenorganisaties, CBS)

CBS/meizo
www.clo.nl/nl152113

Figuur 16.1 Rode Lijstsoorten en niet-bedreigde soorten.

Representativiteit en beleidsmatige inkadering

De zeven soortgroepen van de Rode Lijst Indicator (RLI) zijn de groepen waarop natuurbeleid en terreinbeheer zich vooral richten en waarvoor het grootste draagvlak bestaat bij het grote publiek. Een beperking is dat deze soortgroepen vooral land-natuur vertegenwoordigen. Mariene soorten missen zelfs geheel, op een paar zeezoogdieren na.

De RLI sluit aan op de internationale verdragen die Nederland heeft geratificeerd, met name het Bern-verdrag, het Biodiversiteitsverdrag en de EU-biodiversiteitsdoelstelling. Deze verdragen moeten tegengaan dat inheemse soorten uit Nederland verdwijnen. De RLI wordt sinds een aantal jaren in de rijksbegroting opgenomen als maat voor veranderingen in de algehele biodiversiteit in Nederland.

Trend aanbod

RLI-lengte en RLI-kleur

De Rode Lijst Indicator (RLI) weerspiegelt veranderingen in het aantal soorten op de Rode Lijst en de mate van bedreiging. De RLI omvat twee aanvullende componenten: RLI-lengte en RLI-kleur. De RLI-lengte (figuur 16.2) geeft de veranderingen in het aantal soorten op Rode Lijsten geïndexeerd weer, met 1995 als referentiejaar (= 100). Als de Rode Lijst langer wordt (dus meer soorten bedreigd) ten opzichte van het referentiejaar, dan komt de waarde boven de 100. Neemt het aantal bedreigde soorten af ten opzichte van 1995, dan daalt de RLI-lengte naar een waarde onder de 100. Met andere woorden: hoe lager de RLI-lengte, hoe 'korter' de (virtuele) Rode Lijst, hoe beter.

Soorten op een Rode Lijst worden ingedeeld naar hun mate van bedreiging, de RLI-kleur. De RLI-kleur neemt ook verschuivingen tussen deze RLI-categorieën mee. Voor deze component van de RLI geldt: hoe lager de waarde, hoe 'minder rood' de bedreigingstatus van soorten, hoe beter. De figuur laat zien dat van 1995 tot 2015 de mate van bedreiging is afgenomen en recent weer iets oploopt.

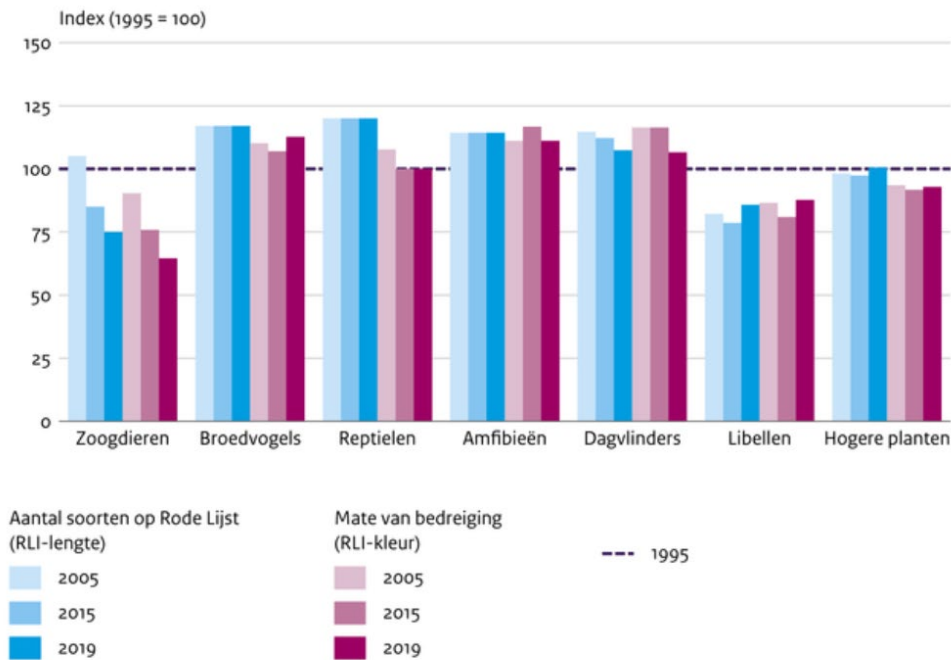
Soortgroepen

Veranderingen in RL-status zijn niet in elke soortgroep hetzelfde. Vooral hogere planten, libellen en zoogdieren zijn gemiddeld minder bedreigd sinds 1995. De overige soortgroepen laten ten opzichte van 1995 beperkt herstel zien in bedreigde aantallen soorten (broedvogels) en mate van bedreiging (reptielen).

Van de bedreigde soorten is na 2005 een aantal soorten ernstiger bedreigd geraakt, maar er zijn meer die vooruitgingen. Van de 'kwetsbare' en 'gevoelige' soorten zijn er 32 die verbeterden en 30 die verslechterden. 9 soorten die 'ernstig bedreigd' of 'bedreigd' waren in 2005, zijn in de periode t/m

2017 verder verslechterd, maar 44 soorten met deze classificaties zijn juist verbeterd. Juist de meest bedreigde soorten zijn er dus wat op vooruitgegaan. Daarbij komt dat er na 2005 meer soorten zijn teruggekomen (12) dan dat er zijn verdwenen (5).

Rode Lijst Indicator (RLI) per soortgroep



Bron: NEM (Soortenorganisaties, CBS)

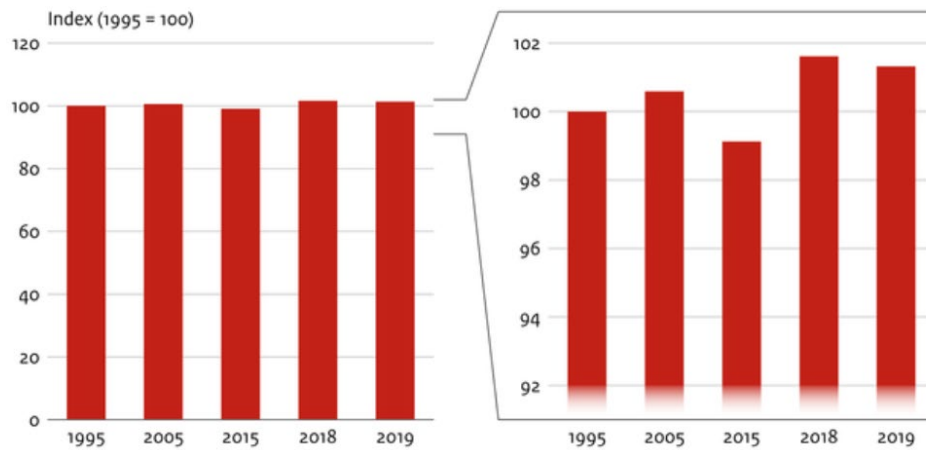
CBS/meizo
www.clo.nl/nl152113

Figuur 16.2 Rode Lijst Indicator (RLI) per soortgroep.

Tussen 1950 en 1995 is het aantal bedreigde soorten sterk toegenomen. In de 23 jaar daarna zijn veranderingen in bedreigde soorten beperkter geweest. Tot 2005 nam het aantal bedreigde soorten licht toe. Na 2005 liep het aantal bedreigde soorten langzaam terug en daalde de mate van bedreiging licht. De toename in 2017 van zowel het aantal bedreigde soorten als de gemiddelde mate van bedreiging laat zien dat het voorzichtige herstel van de voorbije jaren nog broos is.

De recente trend van het aanbod laat dus een dubbel beeld zien. Enerzijds zien we een lichte verbetering doordat de mate van bedreiging iets terug lijkt te lopen (figuur 16.3), anderzijds zien we dat het aantal soorten dat op de Rode Lijst staat ietsje is toegenomen (figuur 16.4). Al met al zetten we de trend van het aanbod op stabiel.

Aantal soorten op Rode Lijst (RLI-lengte)



Beschouwde soortgroepen zijn:

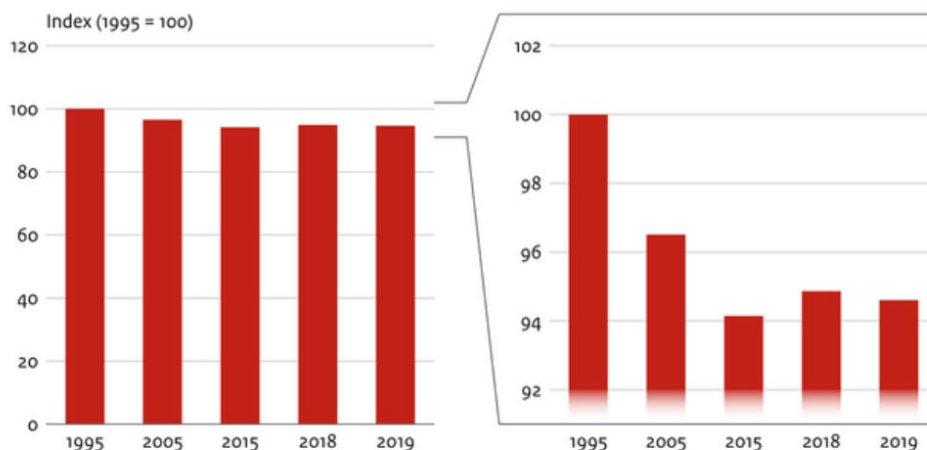
- Zoogdieren
- Broedvogels
- Reptielen
- Amfibieën
- Dagvlinders
- Libellen
- Hogere planten

Bron: NEM (Soortenorganisaties, CBS)

CBS/meizo
www.clo.nl/nl152113

Figuur 16.3 Trend van lengte Rode Lijst.

Mate van bedreiging (RLI-kleur)



Beschouwde soortgroepen zijn:

- Zoogdieren
- Broedvogels
- Reptielen
- Amfibieën
- Dagvlinders
- Libellen
- Hogere planten

Bron: NEM (Soortenorganisaties, CBS)

CBS/meizo
www.clo.nl/nl152113

Figuur 16.4 Trend van mate van bedreiging Rode Lijst.

Trend vraag

De vraag naar deze ecosystemedienst wordt constant verondersteld (stabiel), zie De Knecht et al. (2014).

16.4 Kwaliteit van de resultaten

16.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

16.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

16.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

16.5 Literatuur

Zie De Knecht (ed.) 2014. In aanvulling daarop:

CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). Rode Lijst Indicator, 1995-2019 (indicator 1521, versie 13, 1 mei 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

De Knecht et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

17 Groene recreatie

Auteurs: Sjerp de Vries (WENR), Inez Woltjer (WENR), Bart de Knegt (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 74%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: toename
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten
 - Alleen voor modellen: Status A (zie bijlage 2 voor uitleg van de legenda): niet van toepassing-
st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

17.1 Werking van de ecosysteemdienst

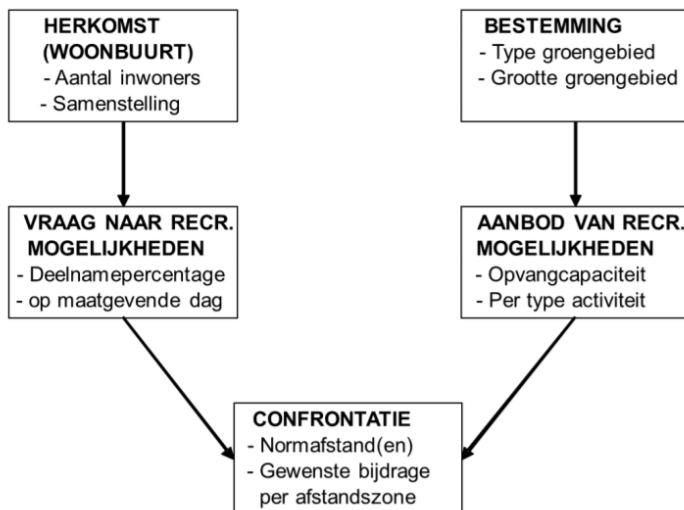
Zie De Knegt (ed.) 2014.

17.2 Methode

Zie De Knegt (ed.) 2014.

Het model AVANAR

In dit document wordt het model AVANAR nader beschreven en toegelicht. AVANAR staat voor Afstemming Vraag & Aanbod Natuur Als Recreatieruimte. Het model confronteert het lokale aanbod van recreatiemogelijkheden in een natuurlijke omgeving met de lokale vraag naar dergelijke mogelijkheden (figuur 17.1). Het model berekent waar er, volgens de gehanteerde uitgangspunten en kengetallen, sprake is van voldoende lokaal aanbod in de woonomgeving, en waar van tekorten. AVANAR is met name uitgewerkt en toegepast voor de recreatieactiviteiten wandelen en fietsen. Het gaat om een nadere beschrijving van versie 2.0 van AVANAR (eerder ook wel AVANAR-plus genoemd). AVANAR 2.0 is grotendeels al eerder beschreven. Dit betreft niet alleen versie 2.0 zelf (zie De Vries et al., 2010; daar nog AVANAR-plus genoemd), maar ook de daaraan voorafgaande versie 1.3 (zie De Vries et al., 2004). Versie 2.0 biedt extra mogelijkheden ten opzichte van versie 1.3, maar is in de kern gelijk gebleven. Dit rapport vormt een aanvulling op de eerdere documentatie, voornamelijk wat betreft technische details die niet eerder zijn beschreven, en een beschrijving van validatiestudies ten aanzien van AVANAR.



Figuur 17.1 Conceptueel schema AVANAR. Enerzijds is er een vraag, gebaseerd op de samenstelling van en het aantal inwoners in de buurt. Anderzijds is er een aanbod, gebaseerd op de verschillende types van groengebied en de grootte van die gebieden. Deze twee zaken worden met elkaar vergeleken om te bepalen in welke mate het lokale aanbod de lokale vraag kan accommoderen.

Bepalen lokale vraag

Om de omvang van de lokale vraag voor een bepaalde recreatieactiviteit te bepalen, zijn twee gegevens nodig: de omvang van de bevolking per ruimtelijk herkomstgebied en het percentage van die bevolking dat op de maatgevende dag – ook wel normdag – deelneemt aan die activiteit. Als normdag wordt de vijfde 'drukte'-dag van het jaar gehanteerd. Dit betekent dat er op die dag nog voldoende lokaal aanbod beschikbaar moet zijn. Dat er daarmee op vier dagen meer vraag dan aanbod kan zijn, wordt als acceptabel gezien. In de standaardanalyse wordt voor de ruimtelijke herkomstgebieden uitgegaan van de bevolking in cellen van 100 m x 100 m uit 2017 zoals het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) die hanteert. Per gridcel is bekend hoeveel inwoners deze heeft. De vraag wordt bepaald door het landelijke deelnamepercentage voor de betreffende recreatieactiviteit te vermenigvuldigen met de omvang van de bevolking in de betreffende CBS-gridcel.

Desgewenst kan de lokale bevolking gesegmenteerd worden, zodat per segment een verschillend deelnamepercentage gehanteerd kan worden. Dit is met name relevant als de onderscheiden bevolkingsgroepen naast een verschillend deelnamepercentage ook een verschillende ruimtelijke spreiding kennen (De Vries, 1999). Omdat deze voorwaarden hiervoor van toepassing worden geacht, worden standaard twee segmenten onderscheiden: autochtonen en westerse allochtonen enerzijds en niet-westerse allochtonen anderzijds (De Vries et al., 2004). Per CBS-gridcel is bekend wat het aandeel niet-westerse allochtonen is. Bij segmentatie wordt de vraag vanuit de verschillende bevolkingsgroepen bij elkaar opgeteld. Ruimtelijk wordt de totale vraag toegekend aan de centroiden van de geaggregeerde CBS-gridcel.

Bepalen aanbod

In de standaardanalyse wordt voor het aanbod hoofdzakelijk uitgegaan van het Basisbestand Natuur en Landschap (De Knecht et al., in prep.). Open street maps is gebruikt voor de gegevens over ontsluiting en openstelling. De pad-dichtheid en de openheid van het agrarisch gebied zijn berekend met VIEWSCAPE. De categorie 'overig agrarisch grondgebruik' wordt bijvoorbeeld uitgesplitst in zes subklassen, op grond van a) de dichtheid van het paden en wegenstelsel ter plekke en b) de (visuele) openheid van het landschap ter plekke. Dit zijn twee factoren die meer algemeen een belangrijke rol spelen bij route-gebonden activiteiten, zoals wandelen en fietsen voor het toewijzen van een recreatieve opvangcapaciteit aan een grondgebruikscategorie: hoe hoger de pad-dichtheid en hoe beslotener het gebied, hoe hoger de opvangcapaciteit. Bos en park hebben daarom bijvoorbeeld voor wandelen de hoogste opvangcapaciteit. De opvangcapaciteit wordt uitgedrukt in het aantal deelnemers dat 1 ha van het betreffende gebiedstype per dag kan accommoderen. Het grondgebruiksbestand wordt verrasterd (25 x 25 m) en, door middel van een tabel waarin de

aanbodcapaciteit per grondgebruikstype (aanbodcategorie) voor de betreffende activiteit is vastgelegd, 'vertaald' in een recreatief aanbodbestand.

Confronteren lokale vraag en aanbod

Om te bepalen of er lokaal voldoende aanbod voor een bepaalde recreatieactiviteit aanwezig is, moet eerst gedefinieerd worden wat 'lokaal' is. Hiervoor worden normafstanden gehanteerd. In de standaardanalyse voor wandelen is de normafstand 10 km. In aanvulling hierop wordt geëist dat 50% van de benodigde capaciteit al dicht bij huis beschikbaar is, en wel binnen 2,5 km. Dit laatste wordt de korte normafstand genoemd. AVANAR maakt standaard gebruik van celgrootte-optimalisatie. Hierbij wordt de afmeting van de gridcellen aangepast op basis van de omvang van het studiegebied en de gekozen minimale normafstanden. Deze optimalisatie vindt plaats aan de vraag- en aan de aanbodkant. Vervolgens wordt de in een aanbodgridcel aanwezige capaciteit verdeeld over de geoptimaliseerde CBS-gridcellen binnen het normbereik, eerst voor de korte normafstand. Toewijzing geschiedt proportioneel naar de omvang van de vraag vanuit de buurt (i.e. CBS-gridcel). Omdat een buurt vanuit alle aanbodgridcellen binnen het normbereik capaciteit 'aangeboden' krijgt, kan de som hiervan de behoefte van de buurt (voor die normafstand) overschrijden. In dat geval wordt door de buurt capaciteit teruggegeven aan de aanbodgridcel. Ook die teruggave geschiedt proportioneel, maar nu naar wat de buurt vanuit de verschillende aanbodgridcellen heeft ontvangen. Daarna start de tweede ronde voor de korte normafstand et cetera, tot er geen noemenswaardige verandering meer optreedt (iteratief proces). Als er binnen de korte normafstand te weinig capaciteit voor een buurt beschikbaar was (< 50% totale vraag), dan blijft de resterende vraag staan voor de maximale normafstand van 10 km (die daarmee groter wordt dan 50% van de totale vraag). Een buurt krijgt nooit meer capaciteit toegewezen dan zij volgens de gehanteerde normen nodig heeft. Eenzelfde proces als voor de korte normafstand wordt vervolgens herhaald voor de maximale normafstand.

Uitkomsten AVANAR

AVANAR genereert een puntenbestand, met per (geaggregeerde) CBS-gridcelcentroiden berekende resultaten in tabelvorm. Door de gridcelgrootte-optimalisatie (in dit geval naar 125 m) bestaat er geen een-op-een relatie meer met de oorspronkelijke CBS-gridcellen van 100 m. Het gaat in eerste instantie om drie uitkomsten: beschikbare capaciteit binnen de korte normafstand (BC1); beschikbare capaciteit tussen korte en maximale normafstand (BC2); resterende vraag (RV). Beschikbare capaciteiten zijn vooral interessant in relatie tot de omvang van de vraag en worden daarom in de post-processing veelal omgerekend tot percentages (P) van de in totaal benodigde capaciteit ($TV = BC1 + BC2 + RV$): $P_{bc_kort} = 100 \cdot BC1 / TV$ (met bijv. voor wandelen standaard 50 als maximale waarde) $P_{bc_max} = 100 \cdot (BC1 + BC2) / TV$ (met 100 als maximale waarde). De restvraag is in absolute zin relevant, omdat deze indicatief is voor de omvang van de actie die nodig is om alsnog in de vraag te voorzien, bijvoorbeeld door agrarisch gebied om te vormen tot bos; de winst is dan het verschil in recreatieve opvangcapaciteit tussen de twee grondgebruikscategorieën, vermenigvuldigd met het aantal omgevormde hectaren. Een secundaire uitkomst van AVANAR is een gridbestand met restcapaciteiten: aanbodcapaciteit die niet is toegewezen aan een of meerdere CBS-gridcellen. Dit kan komen doordat de vraag vanuit de buurt binnen de maximale normafstand geheel voorzien is, of doordat er geen vraag binnen deze maximale normafstand voorkomt. Voor meer informatie: zie De Vries et al. (2004: par. 2.4, 2.5, 4.5).

Uitbreiding in AVANAR 2.0 t.o.v. versie 1.3 heeft een extra optie ten opzichte van de voorgaande versie: het aan een buurt toegekende aanbod kan uitgesplitst worden naar een willekeurig kenmerk van het aanbod. Dit kan het type grondgebruik zijn, maar ook een ander kenmerk van het aanbod, bijvoorbeeld de geluidsbelasting ter plekke. Er kunnen maximaal negen aanbodcategorieën onderscheiden worden. Er is geen standaardindeling in aanbodcategorieën; de AVANAR-gebruiker kan zelf bepalen welke typen aanbod van elkaar onderscheiden moeten worden. Deze optie is ingebouwd als een eerste stap om rekening te kunnen houden met verschillen in kwaliteit in het aanbod en/of iets te kunnen zeggen over de variatie in het beschikbare aanbod (De Vries et al., 2010: H1 en H2). Om gebruik te maken van deze optie, moet de invoertabel waarin de relatie tussen type grondgebruik en recreatieve opvangcapaciteit per hectare is vastgelegd, worden aangepast. Er moet een extra veld worden aangemaakt waarin aangegeven wordt wat de waarde van het kenmerk is. Als bij één type grondgebruik verschillende kenmerkwaarden voorkomen (bijv. stil bos vs. lawaaierig bos), dient de tabel voor elke combinatie van type grondgebruik en kenmerkwaarde een regel te bevatten. Uiteraard

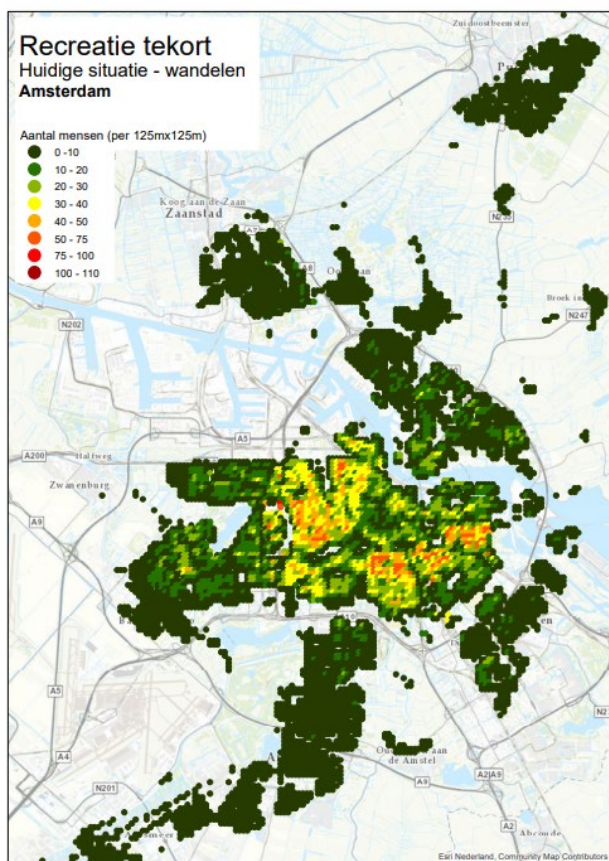
moet het grondgebruiksbestand aansluiten bij deze uitgebreide tabel (d.w.z. aangeven welk bos stil en welk bos lawaaierig is). Bij gebruikmaking van deze optie wordt de uitvoertabel uitgebreider. De beschikbare capaciteit wordt nu per aanbodcategorie binnen de betreffende normafstand gerapporteerd. De totaal beschikbare capaciteit per normafstand is de som over de onderscheiden aanbodcategorieën: $BC1 = \sum(BC1cati)$, met i lopend van 1 tot maximaal 9 $BC2 = \sum(BC2cati)$, met i lopend van 1 tot maximaal 9. De uitsplitsing naar aanbodkenmerk heeft geen gevolgen voor de bepaling van de omvang van de in totaal beschikbare capaciteit: wel of niet uitsplitsen naar aanbodkenmerk levert op dit punt hetzelfde resultaat op.

17.3 Resultaten

Vraag en aanbod

De modelrun met AVANAR leverde een tekort aan recreatie op voor ca. 26% van de bevolking. Het gaat dan om wandelrecreatie. Dat betekent dat de ecosysteemdienst voor 74% van de bevolking in de behoefte voorziet. Zie voor een ruimtelijke weergave van het tekort figuur 17.2.

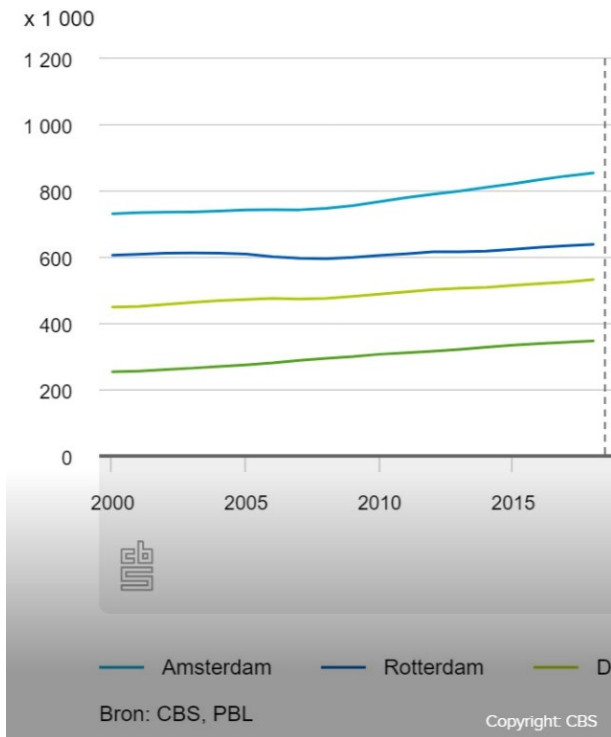
Dit getal is hoger dan in De Knecht (2014) (68%) en dit komt voornamelijk door een verbeterde kwaliteit van de basiskaart, met name met betrekking tot grondgebruik.



Figuur 17.2 Recreatietekort in Nederland voor wandelen met een uitsnede voor Amsterdam.

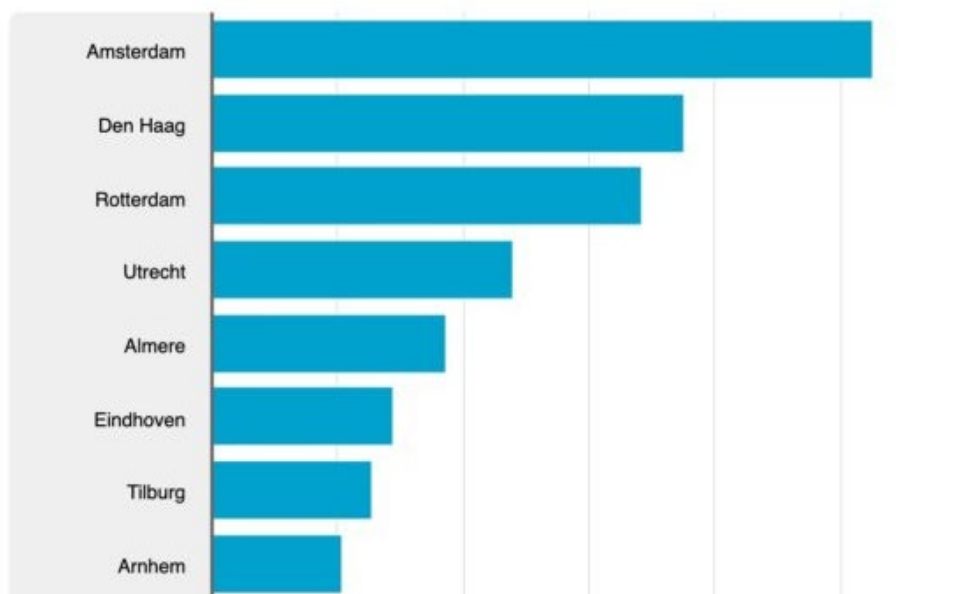
Trend vraag

De vraag naar ruimte voor recreatie neemt toe doordat er steeds meer mensen bijkomen (figuur 17.3), mensen vooral naar grote steden trekken waar al een tekort aan recreatieluimte is (figuur 17.4) en omdat mensen ouder worden en daarom meer vrije tijd tot hun beschikking hebben om te recreëren (figuur 17.5).



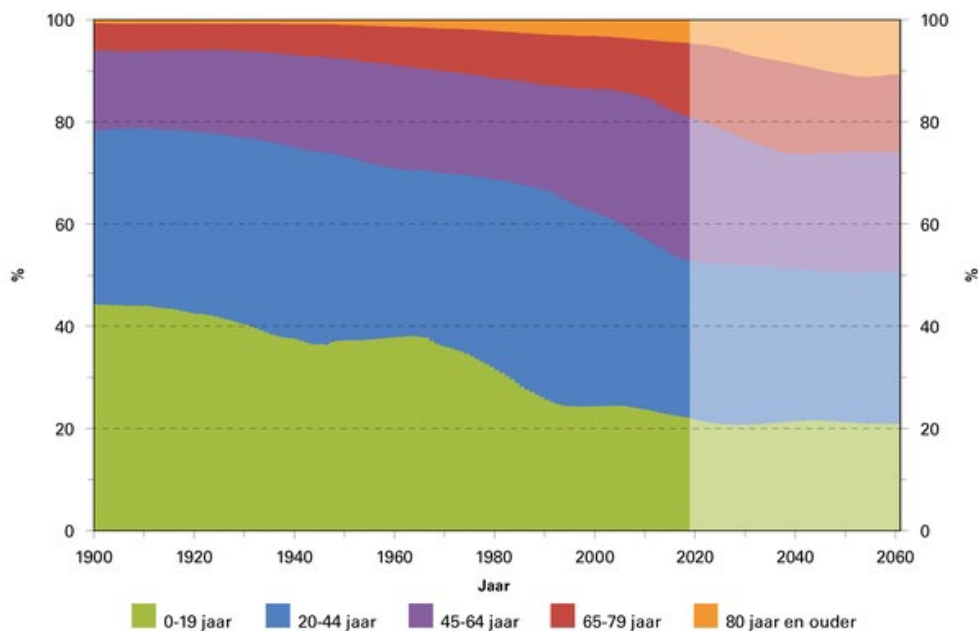
Figuur 17.3 Bevolkingsgroei in de vier grote steden. Bron: CBS (2019a).

Die mensen gaan vooral wonen op plekken waar er nu al recreatietekorten zijn (figuur 17.4).



Figuur 17.4 Absolute bevolkingsgroei tien grootste groeiers, 2019. Bron: CBS (2019b).

Mensen worden ouder en hebben meer behoefte aan recreatie (figuur 17.5).

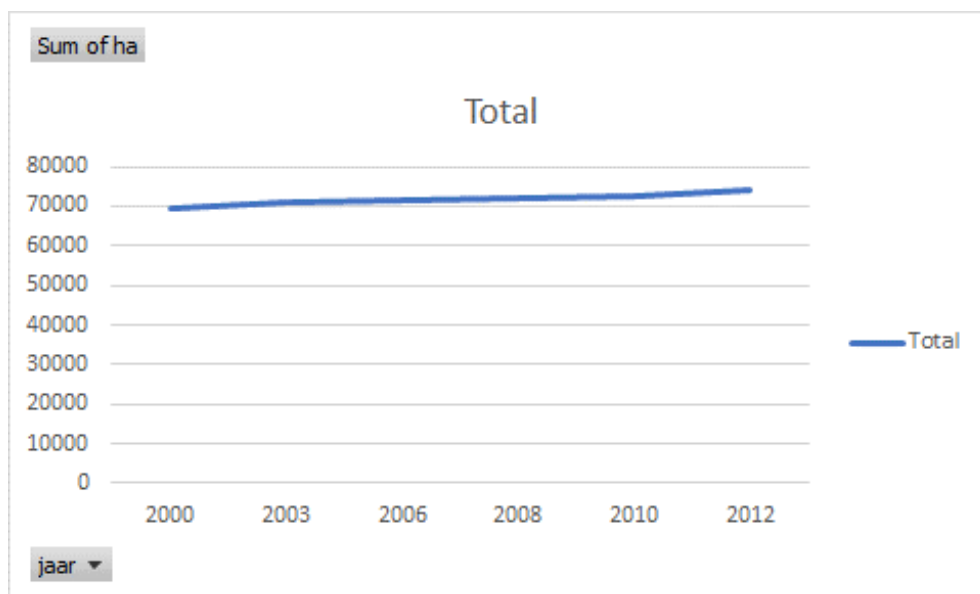


Bron: CBS.

Figuur 17.5 De leeftijdsverdeling van de bevolking in Nederland: 1990-2018 en de prognose 2019-2060. Bron: CBS (2018).

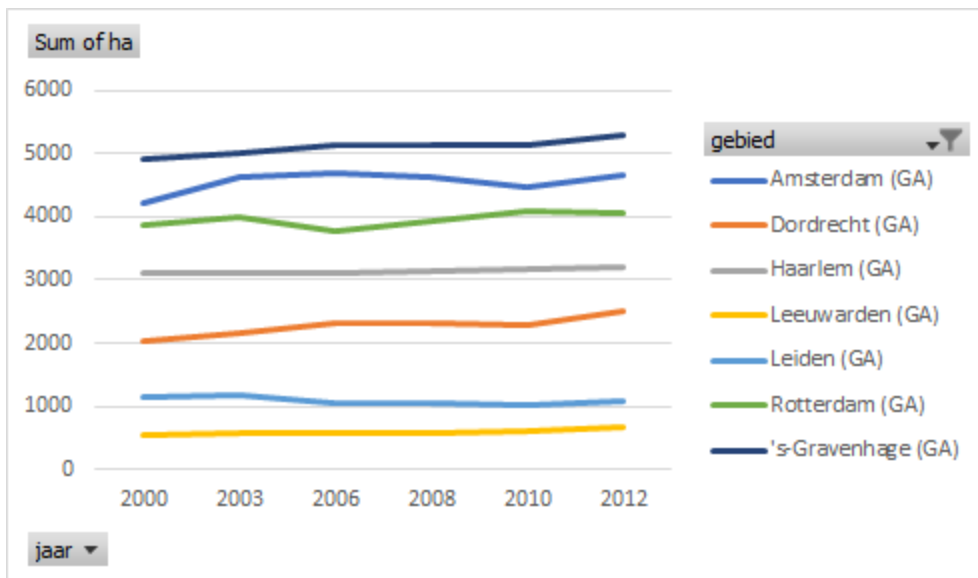
Trend aanbod

Als we kijken naar de oppervlakte recreatieterrein (Park en plantsoen, Dagrecreatief terrein) samen met Bos en open natuurlijk terrein, dan zien we voor de grootschalige agglomeraties van Nederland opgeteld een lichte stijging van ca. 8% sinds het jaar 2000 (figuur 17.6). Als we deze licht stijgende trend vergelijken met de sterke toename van het aantal mensen in de grote steden, dan zien we dat de bevolking is gegroeid met ca. 40% in Utrecht, ca. 25% in Den Haag, ca. 12% in Amsterdam en met ca. 7% in Rotterdam, terwijl het areaal groen toenam met ca. 8%, oftewel het areaal groen per persoon is daarmee gedaald, ondanks de absolute toename van groen in agglomeraties.

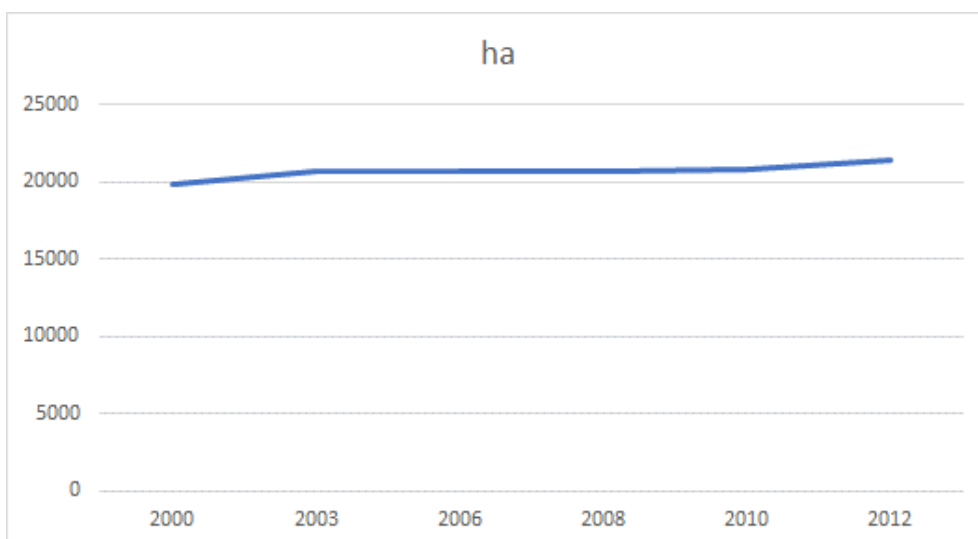


Figuur 17.6 Ontwikkeling van de oppervlakte recreatieterrein in grootschalige agglomeraties. Bron: CBS (2020).

Ook als we inzoomen op steden die nu al een tekort aan recreatie hebben, zien we dat de trend in oppervlakte recreatieterrein licht stijgend is (figuur 17.7).



Figuur 17.7 Areaal groen in grootstedelijk agglomeraties waar al een tekort is aan recreatieplekken.



Figuur 17.8 Areaal groen in grootstedelijk agglomeraties waar al een tekort is aan recreatieplekken als geheel.

17.4 Kwaliteit van de resultaten

17.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

17.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knecht (ed.) 2014.

17.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-**st1-st2-st3**-st4-do5-do6-**iu7**

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten. Aangezien AVANAR geherprogrammeerd is, nemen we aan dat daardoor Status A kwaliteitslabel verloren heeft, maar het wel relatief snel weer het status A kwaliteitslabel kan terugkrijgen.

17.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014. In aanvulling daarop:

CBS (2018). <https://nidi.nl/demos/demografie-in-het-kort-vergrijzing/>

CBS (2019a). <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2013/01/bevolking-vier-grote-steden-groeit-tot-2040-met-333-duizend-inwoners>

CBS (2019b). <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/01/bevolking-groei-in-2018-vooral-in-de-randstad>

CBS (2020). <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table?fromstatweb>

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOt-technical report 13, Wageningen.

<https://degezondestad.org/de-gezonde-stad-monitor>

Vries, S. de (1999). Quick recreation demand assessment at the local level; the Dutch experience. *World Leisure & Recreation*, 41(1), 15-19. <http://dx.doi.org/10.1080/10261133.1999.9674136>

Vries, S. de, Hoogerwerf, M. & Regt, W.J. de (2004). AVANAR: een ruimtelijk model voor het berekenen van vraag-aanbodverhoudingen voor recreatieve activiteiten; basisdocumentatie en gevoeligheidsanalyses. Alterra-rapport 1094. Wageningen: Alterra. <http://edepot.wur.nl/42511>

Vries, S. de, Staritsky, I., Clement, J., Kiers M. en Roos-Klein Lankhorst, J. (2010). Vraaggerichte recreatieplanning op regionaal niveau; naar een betere afstemming van geboden op gevraagde mogelijkheden voor recreëren in het groen middels AVANAR-plus. Alterra-rapport 2093.

Wageningen: Alterra. <http://edepot.wur.nl/161047>

Vries, S. de & I.G. Staritsky (2016). Recreatiemodel AVANAR 2.0 nader beschreven en toegelicht; Achtergronddocumentatie voor Status A. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR. WOt-technical report 80. <https://edepot.wur.nl/401398>

18 Symbolische waarde

Auteurs: Bart de Knecht (WENR)

Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL ten opzichte van de huidige vraag: 34%
- Trend aanbod: toename
- Trend vraag: stabiel
- Kwaliteit van resultaten
 - Betrouwbaarheid: C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen
 - Volledigheid: B. bevat belangrijkste aspecten

18.1 Werking van de ecosysteemdienst

Zie De Knecht (ed.) 2014.

18.2 Methode

Zie De Knecht (ed.) 2014.

18.3 Resultaten

Vraag en aanbod

De gemiddelde populatieomvang van de geselecteerde soorten ten opzichte van een ongestoorde situatie is 34% (tabel 18.1). Van de geselecteerde soorten (De Knecht et al., 2014) kon van de Ohoe, Ooievaar, Grote zilverreiger, Ree, Wolf, Wilde kat en Grote vuurvliinder de waarde ten opzichte van de historische situatie niet worden achterhaald (dat zijn 7 van de 35 soorten). Voor het gemiddelde over Nederland worden deze referenties nog areaal gewogen gemiddeld voor de fysisch-geografische regio's waarop de referenties zijn bepaald.

Tabel 18.1 Populatieomvang van symbolische soorten per fysisch geografische regio per begroeiingstype.

	Hl bos	H2 bos	H2 heide	Ri bos	Ri moeras	Ri rivieren	Lv bos	Lv moeras	Zk bos	Zk moeras	Du bos	Du open duin	Noordzee	Waddenzee	Zoute delta	IJsselmeer	Zoete delta	
Zeearend					0.25			0.25		0.25								
Visarend								0.01		0.01								
Slechtvalk	0		0	1	1		0	0	0	0	0	0						
Kraanvogel		0.01	0.1		0		0	0		0								
Lepelaar		0																
Grutto												0						0.03
Korhoen			0															
Ganzen					1	1		1		1								
Zwarte ooievaar		0		0			0	0	0	0								
Edelhert	0	0.09	0.09	0	0		0	0	0.058	0.058	0	0						
Wild zwijn	0	0.333	0.333	0	0		0	0	0	0	0	0						
Bever					0.63			0.63		0.63								
Otter					0.5			0.5		0.5								0.3
Zeehonden (gewone en grijze)														0.99	0.99			
Das	1	0.33	0.33	0.33		0					0	0						
Vos		0.29	0.29	0.5					1		1	0						
Lynx	0	0	0	0			0		0		0	0						
Boommarter	0	0.52		0.52			0.52		0.52		0.52							
Bruinvis													0.88					
Adder			0.64															

Trend vraag

Zie De Knecht (ed.) 2014.

Trend aanbod

De trend van bijna alle soorten met een hoge symbolische waarde neemt toe in Nederland (figuur 18.2).

Tabel 18.2 Populatietrend van soorten met een hoge symbolische waarde in Nederland.

Sinds ca. 2000							
Vogels		Zoogdieren		Dagvlinders		Slangen	
Zeearend	+	Edelhert	+	Grote vuurvliinder	+	Adder	0
Visarend	+	Wild zwijn	+				
Slechtvalk	+	Bever	+				
Kraanvogel	+	Otter	+				
Lepelaar	+	Zeehonden (gewone en grijze)	+				
Oehoe	+	Das	+				
Ooievaar	+	Vos	0				
Zwarte ooievaar	n.v.t.	Ree	+				
Grutto	-	Lynx	n.v.t.				
Grote zilverreiger	+	Wolf	+				
Korhoen	-	Boommarter	+				
Ganzen	+	Steenmarter	?				
		Bruinvis	+				
		Wilde kat	+				

18.4 Kwaliteit van de resultaten

18.4.1 Betrouwbaarheid

A. volledig, B. vrijwel volledig, **C. schatting gebaseerd op groot aantal metingen**, D. schatting gebaseerd op aantal metingen, E. schatting o.b.v. expert judgement

18.4.2 Volledigheid

Volledigheid: A. (vrijwel) volledig, **B. bevat belangrijkste aspecten**, C. bevat enkele aspecten

Zie De Knegt (ed.) 2014.

18.4.3 Status A voortgang: alleen voor modellen

Niet van toepassing-st1-st2-st3-st4-do5-do6-iu7

Legenda: **compleet**, deels (in)compleet, ontbrekend

Zie bijlage 2 voor een nadere beschrijving en verwijzing naar achterliggende documenten.

18.5 Literatuur

Zie De Knegt (ed.) 2014. In aanvulling daarop:

De Knegt et al. (2014). Graadmeter Diensten van Natuur. Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland. WOT-technical report 13, Wageningen.

<https://www.sovon.nl/nl/content/broedvogeltrends>

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl1414-vlinders-van-de-habitatrichtlijn>

<https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/adder>

<https://www.verspreidingsatlas.nl/8496126>

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl1555-zoogdieren-van-de-habitatrichtlijn>

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl1231-gewone-en-grijze-zeehond-in-waddenzee-en-deltagebied>

<https://www.clo.nl/indicatoren/nl1250-bruinvis-langs-de-nederlandse-kust>

Verantwoording

WOT-technical report: 197

BAPS-projectnummer: WOT-04-010-034.61

Dit project werd begeleid door *Marlies Sanders (WOT-N&M)* en *Dirk-Jan van der Hoek (PBL)*. Voorts zijn de resultaten voorgelegd en becommentarieerd door deskundigen van de betreffende ecosystemendiensten.

De auteurs bedanken allen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Wetenschappelijk beleidsmedewerker

naam: Dirk-Jan van der Hoek, PBL

datum: 14 januari 2021

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Marlies Sanders

datum: 17 december 2020

Bijlage 1 Waterzuivering

(Bijlage bij hoofdstuk 14)

Moerasbufferstroken, helofytenfilters en natuurvriendelijke oevers

Hier volgen de uitkomsten van een literatuuronderzoek naar de definitie, de werking en het zuiverend effect van een drietal maatregelen in en rond het oppervlaktewater: moerasbufferstroken, helofytenfilters en natuurvriendelijke oevers. De tekst is overgenomen uit het rapport over het effect van waterkwaliteitsmaatregelen in het kader van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Groenendijk et al., in prep.).

Natuurlijke zuiveringsprocessen

Alvorens in te gaan op de zuiveringsmaatregelen geven we eerst een overzicht van de natuurlijke zuiveringsprocessen die aan de basis staan van de zuiverende werking van de maatregelen (tabel B1.1). De eerste drie processen van de tabel gaan over het verlies van N aan de lucht, een vorm van directe verwijdering uit het watersysteem. De overige maatregelen, die gelden voor zowel N als P, zijn vormen van tijdelijke opslag in het watersysteem, die kunnen resulteren in permanente opslag. Deze permanente opslag kun je zien als een vorm van verwijdering. Voor P is deze permanente opslag het enige zuiveringsmechanisme, terwijl N dus ook direct kan worden verwijderd via gasvormige afgifte aan de lucht. P kan alleen direct worden verwijderd via maaien en baggeren, en het vervolgens afvoeren van het maaisel en de bagger.

Tabel B1.1 Overzicht van zuiveringsprocessen voor stikstof (N) en fosfor (P) (Vymazal, 2007; Kadlec et al. 1996; Kadlec et al., 2009)

Proces	Omschrijving	Grijpt aan op
Ammonia- vervluchtiging	Omzetting van in water opgelost ammonium (NH ₄) naar ammoniak (NH ₃). Dit ammonium (NH ₄) vormt namelijk een chemisch evenwicht met gasvormige componenten (NH ₃). Bij hogere pH verschuift dit evenwicht richting de gasvormige componenten, leidend tot vervluchtiging die significant is vanaf een pH van 8.	N
Denitrificatie	Omzetting van in water opgelost nitraat (NO ₃) in stikstofgas (N ₂) en soms lachgas (N ₂ O) door bacteriën die organisch materiaal omzetten en daarvoor nitraat gebruiken als oxidator (bij gebrek aan zuurstof). Denitrificatie treedt vooral op bij voldoende hoge temperatuur, voldoende afbreekbaar organisch materiaal en een pH die niet te hoog of te laag is (optimum pH ligt tussen 6 en 8).	N
Anammox	Omzetting van in water opgelost nitriet (NO ₂) en ammonium (NH ₄) in stikstofgas (N ₂), ook wel anoxische ammonium oxidatie (anammox) genoemd. Net als denitrificatie is anammox een biologisch (bacterieel) proces. De grootte van dit proces is vrij onbekend in vergelijking met denitrificatie, al laat recent onderzoek aan een helofytenfilter zien dat het een significant proces kan zijn: het geproduceerde stikstofgas werd voor een derde deel geproduceerd door anammox en voor de rest door denitrificatie (Zhu et al., 2011).	N
Plantopname (in combinatie met maaien)	Opname van nutriënten (NO ₃ , NH ₄ en PO ₄) door planten voor hun groei en onderhoud. Dit is een vorm van tijdelijke opslag, bij afsterven van plantmateriaal komen de nutriënten weer terug in de waterkolom. Door te maaien en het maaisel af te voeren, worden de door planten opgenomen nutriënten uit het systeem verwijderd.	N & P
Sorptie aan waterbodem	Hechting van N (NH ₄) en P (PO ₄) aan organisch of anorganisch materiaal in de bodem. Het gaat om een reversibele binding. Bij veranderende condities kan de binding loslaten (desorptie), bijvoorbeeld wanneer de nutriëntenconcentratie in het water afneemt. De sorptiecapaciteit hangt af van de bodemsamenstelling. Zo kan NH ₄ goed binden aan klei en bindt PO ₄ goed aan klei, ijzer, aluminium en kalk. Bij grote hoeveelheden bindingsmateriaal kan P ermee reageren en zodoende neerslaan.	N & P
Begraving	Begraving van dood organisch materiaal (detritus) met daarin nutriënten (N _{org} en P _{org}) in het sediment. Deze begraving wordt veroorzaakt door nieuwe aanwas van sediment/slib door bezinking van detritus en zwevende sedimentdeeltjes. Bij voldoende aanwas wordt het onderliggende sediment op termijn 'begraven'.	N & P

Omschrijving van de maatregelen

Tabel B1.2 geeft een overzicht en een omschrijving van zuiveringsmaatregelen in de zuiveringstool. De beschrijving van het helofytenfilter beperkt zich tot het vloeiveld en gaat niet in op de andere twee typen helofytenfilters die frequent voorkomen, namelijk het horizontale en verticale doorstroomde helofytenfilter. Deze twee typen worden namelijk vooral gebruikt voor de zuivering van stedelijk afvalwater, terwijl de zuiveringstool zich richt op zuivering van oppervlaktewater, zoals door vloeivelden. De maatregelen hebben een bepaalde overlap. Zo kun je een natuurvriendelijke oever zien als een vorm van een moerasbufferstrook. Al zijn moerasbufferstroken vaak aangelegd met nutriëntenzuivering als hoofddoel en staat bij natuurvriendelijke oevers de natuurfunctie voorop en wordt de zuivering gezien als een positief neveneffect.

Het type water dat wordt gezuiverd, verschilt per maatregel. Zo zuiveren moerasbufferstroken voornamelijk uit- en afspoelend water, eventueel aangevoerd via drainbuizen, terwijl natuurvriendelijke oevers (NVO's) naar verhouding meer oppervlaktewater zuiveren. Een helofytenfilter (vloeiveld) wordt in het landelijk gebied vooral ingezet ter zuivering van oppervlaktewater, door het water uit de waterloop om te leiden via het vloeiveld.

Ook het ruimtebeslag verschilt per maatregel. Moerasbufferstroken en natuurvriendelijke oevers vragen vaak om uitbreiding van de oevers, ten koste van land. Bij voorkeur zijn ze minimaal 5 tot 10 m breed voor een goede werking. Helofytenfilters worden in principe buiten de waterloop aangelegd. Hun optimale grootte hangt af van de hoeveelheid en nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water.

Naast positieve effecten zoals nutriëntenzuivering en natuurwaarde, kan een maatregel ook nadelige neveneffecten hebben. Zo gaat N-verwijdering via denitrificatie vaak gepaard met de vorming van broeikasgassen zoals lachgas (N_2O). Verder kunnen zuiveringsvoorzieningen zonder onderhoud na verloop van tijd een bron van P worden. Dit is het geval wanneer de bodem verzadigd is met P en daardoor P kan gaan naleveren. Deze P-nalevering speelt vooral in de zomer.

Tabel B1.2 Overzicht, omschrijving en eventuele schematische weergave van drie van de vier zuiveringsmaatregelen van de zuiveringstool.

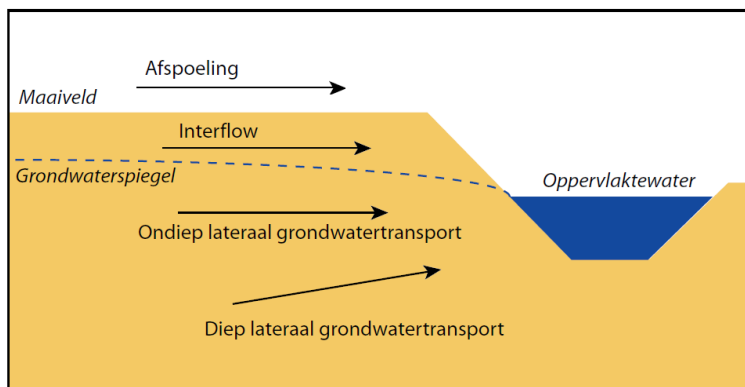
Maatregel	Omschrijving	Schematisch figuur
Moerasbuffer-strook	Natte oeverstrook met riet (riparian wetland) die uit- en afspoelend water opvangt alvorens het in de waterloop belandt. Voor een optimale werking dient de moerasbufferstrook minimaal 5 tot 10 m breed te zijn (Bron: figuur: Appelboom & Fous, 2006).	
Natuurvriendelijke oever	Oevers waarbij naast de waterkerende functie nadrukkelijk rekening wordt gehouden met natuur en landschap. Vaak hebben ze een flauw talud dat leidt tot een gradiënt aan water- en oeverplanten. Het waterpeil is bij voorkeur dynamisch (Bron: Stowa 2011).	
Helofytenfilter	Vloeiveld: ondiepe vijver of waterloop die beplant is met riet. Een vloeiveld is vaak zo aangelegd dat de stromingsrichting, verblijftijd en het waterpeil te controleren zijn, om de zuiverende werking te optimaliseren (Bron: Spoelstra et al., 2010; Vymazal, 2007).	

Zuiverende werking

Het literatuuronderzoek laat zien dat de zuiverende werking sterk kan verschillen per maatregel, maar ook binnen een maatregel. Het zuiverende effect is namelijk sterk locatie-specifiek en hangt af van meerdere factoren:

1. Inrichting: hoe groot/breed is de zuiverende voorziening en doorspoelt al het water de zuiveringsvoorziening of slechts een deel? Zijn de verblijftijden van het water lang genoeg om het water voldoende te kunnen zuiveren?
2. Nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water: hoeveel N en P bevat het te zuiveren water en in welke vorm? Het zuiverende vermogen (in kg) van een voorziening neemt vaak toe naarmate het water meer N en P bevat, terwijl het relatieve zuiverende vermogen (in %) af kan nemen.
3. Ouderdom: het zuiveringsrendement van de voorziening neemt vaak af naarmate deze ouder is. Vooral voor P is dit het geval, omdat de P-zuivering vooral verloopt via opslag/binding aan de bodem en de voorziening na verloop van tijd P-verzadigd kan raken. Dit is een bekend euvel voor helofytenfilters die na verloop van tijd zelfs een bron van P kunnen worden.
4. Beheer: wordt de voorziening regelmatig gemaaid of gebaggerd? En worden het maaisel en de bagger afgevoerd? Zo ja, dan zal de voorziening meer N en P zuiveren.
5. Bodem: bevat de (water)bodem voldoende afbreekbaar organisch materiaal als substraat voor denitrificatie? Kan de bodem veel P binden en in hoeverre is de bodem P-verzadigd? Zo pakt het verwijderen van een nutriëntrijke bodem-toplaag meestal positief uit voor de P-zuivering, maar mogelijk negatief voor de N-zuivering als de overgebleven bodem minder organisch materiaal bevat en daarmee minder substraat biedt voor denitrificatie.
6. Lokale hydrologie: wat zijn de dominante uit- en afspoelingsstroombanen (zie Figuur B1.1)? Lopen de stroombanen door de zuiveringsvoorziening of gaan ze er onderdoor? Is er buisdrainage? En hoe doorlatend is de bodem? Is er sprake van kwel of wegzijging en hoe ijzerrijk is deze kwel? Valt de voorziening vaker droog? IJzerrijke kwel en tijdelijke droogval stimuleren de P-zuivering namelijk.

Verder verandert het zuiverend vermogen gedurende het jaar (De Klein et al., 2008; Van Gerven et al., 2009). Zo is de N-verwijdering in het oppervlaktewatersysteem vaak hoger in het zomerhalfjaar dan in het winterhalfjaar, omdat de belangrijkste zuiveringsprocessen voor N, zoals denitrificatie en N-opname door planten, vooral actief zijn in het groeiseizoen. De P-zuivering heeft een andere jaardynamiek; P-binding aan de waterbodem vindt voornamelijk plaats in de winter, terwijl er in de zomer veel P-opname is door planten, maar er ook grotere kans is op P-nalevering (ontbinding) vanuit de waterbodem (Van Gerven et al., 2011).



Figuur B1.1 Potentiële routes van water en nutriënten van bodem naar oppervlaktewater. Bron: Stowa (2008).

Effectiviteit volgens literatuur

De vele factoren die van invloed zijn op het zuiverend vermogen zorgen ervoor dat het effect van een maatregel sterk verschilt in ruimte en tijd en daardoor lastig te voorspellen is. De in tabel B1.3 gegeven zuiveringsrendementen geven dan ook slechts een indicatie van het te verwachten effect. Ook is voorzichtigheid geboden bij het toepassen van in het buitenland gevonden rendementen op de

Nederlandse situatie. Kenmerkend voor Nederland is het weinige reliëf en de vaak beperkte ruimte om zuiveringsvoorzieningen als moerasbufferstroken en helofytenfilters aan te leggen. Het weinige reliëf zorgt vaak voor minder oppervlakkige afstroom dan in buitenlandse hellende gebieden. Hierdoor hebben maatregelen als (droge) bufferstroken bij voorbaat vaak minder effect in Nederland, omdat ze minder worden doorstroomd (Stowa, 2008). De beperkte ruimte voor de aanleg van zuiveringsvoorzieningen zorgt voor beperkte breedtes van (moeras) bufferstroken en natuurvriendelijke oevers en daarmee een beperkter zuiverend vermogen. Ze zijn vaak hooguit 10 m breed, terwijl de buitenlandse literatuur in het algemeen rapporteert over bredere voorzieningen, regelmatig breder dan 50 m. Daarnaast zorgen eventuele verschillen in klimaat ervoor dat buitenlandse zuiveringsrendementen niet een-op-een toepasbaar zijn op de Nederlandse situatie.

Tabel B1.3 Effectiviteit van de effectgerichte maatregelen in en rondom het oppervlaktewater voor N en P, uitgedrukt in een zuiveringspercentage en een absolute hoeveelheid. Aangeduid als gemiddelde, als gemiddelde \pm standaarddeviatie, of als minimum – maximum. Het aantal onderzochte systemen is aangegeven met n. De voor de Nederlandse situatie toepasbare en gevonden rendementen zijn beige gemarkeerd.

Maatregel	Waar	N-zuivering		P-zuivering		Bron
		%	kg N/ha	%	kg P/ha	
	Nederland	7.5 \pm 2.5 (n=1)	180 \pm 60 (n=1)	tot 100 ^a (n=1)	12 \pm 0.6 (n=1)	Stowa, 2008
Moerasbuffer-strook	Buitenland	72 \pm 12 (n=7)	39 – 372 (n=13)	30 – 90 (n=3)	0.1 – 30 (n=20)	Mayer, 2007; Kronvang et al., 2005; Kovacic et al., 2000; Dosskey, 2001; Syversen, 2005; Uusi-Kamppa, 2005; Hoffmann et al., 2007; Mitsch et al., 1995; Jaynes and Isenhardt, 2019
Natuurvriendelijke oever	Nederland	Onbekend ^b	Onbekend ^b	Onbekend ^b	Onbekend ^b	Stowa, 2011
Vloeiveld (helofytenfilter)	Nederland	72 (n=10)	145 (n=10)	60 (n=10)	10 (n=10)	Verhoeven et al., 1999; Stowa, 2001; Diepen et al., 2002; Schreijer et al., 2003; Klok et al., 2003; Meuleman et al., 2003; Clevering et al., 2004; Stowa, 2005; Clevering et al., 2006; Mulder et al., 2009
	Buitenland	41 ^c (n=85)	2470 ^c (n=85)	49 ^c (n=85)	700 ^c (n=85)	Vymazal, 2007 ^c

^a P-zuivering zeer hoog door lage P-aanvoer en ijzerrijke bodem.

^b Er is weinig bekend over het exacte zuiverende vermogen van een natuurvriendelijke oever (NVO). Waarschijnlijk is het zuiverende vermogen vergelijkbaar met dat van een moerasbufferstrook, al zal het eerder lager zijn dan hoger, omdat NVO's niet zijn aangelegd met nutriëntenzuivering als hoofddoel en moerasbufferstroken wel.

^c De onderzochte helofytenfilters zuiveren afvalwater met een gemiddelde concentratie van circa 50 mgN/l en 9 mgP/l. Bij toepassing op oppervlaktewater (met lagere concentraties) zal het rendement (in kg/ha) kleiner zijn dan hier aangegeven.

Mestvrije zones

Hier volgt een beschrijving van de methodiek die is gebruikt om het zuiverende effect van mestvrije zones te bepalen. Deze beschrijving is overgenomen uit het rapport over het effect van waterkwaliteitsmaatregelen in het kader van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Groenendijk et al., in prep.).

Mestvrije zone

Een mestvrije zone wordt ook wel droge bufferstrook genoemd. Het gaat om een niet-bemeste strook aan de rand van het perceel, daar waar het perceel grenst aan een waterloop. De strook heeft vaak

een natuurlijke begroeiing (zie figuur B2.1). Niet-bemeste bufferstroken hebben invloed op het oppervlakkige en ondiepe transport van stoffen vanaf het maaiveld en vanuit de ondiepe bodem naar de watergang.



Figuur B2.1 Voorbeeld van mestvrije zone.

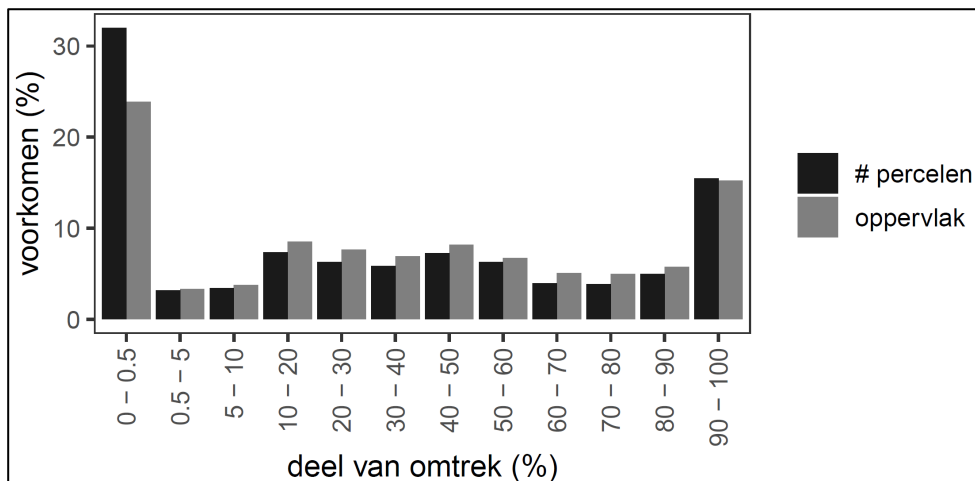
Toepassingsgebied

Via een analyse is bepaald welke landbouwpercelen zich lenen voor de aanleg van droge bufferstroken en is tevens gekeken hoe breed de mestvrije zone zou kunnen zijn. Resultaat is dat 40% van alle landbouwen percelen in Nederland zich leent voor de aanleg van droge bufferstroken, resulterend in een totale bufferstrooklengte van 140.000 km en een areaal van 350 km², uitgaande van een breedte die varieert tussen de 2 en 5 m. Hieronder volgen details over de totstandkoming van deze getallen.

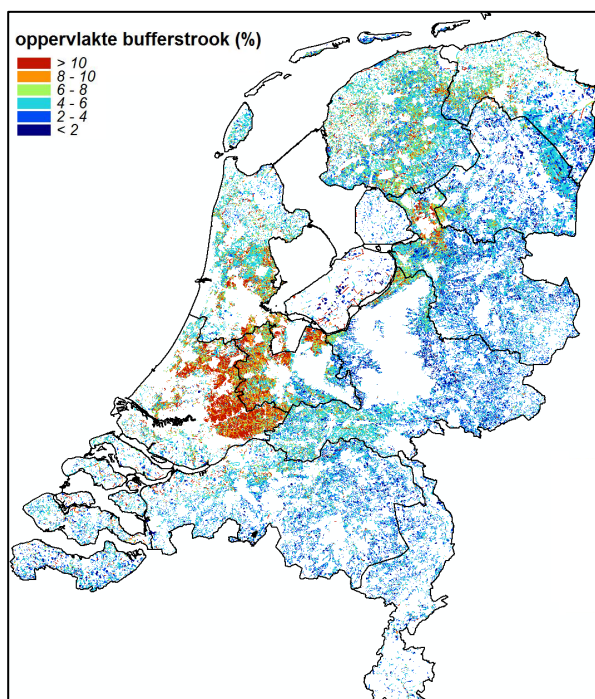
Geschikte percelen en bijbehorende bufferstrookbreedte:

- Landbouwpercelen (Basis registratie Percelen 2018) met grasland, bouwland of overige open teelten.
- Landbouwpercelen die voldoende groot zijn (>2500 m²).
- Percelen waarvan de perceelrand voor minstens 10% grenst aan waterlopen. De ligging van de waterlopen volgt uit de TOP10-waterlopenkaart. Waterlopen in de categorie 'greppels en droogvallende sloten' zijn buiten beschouwing gelaten, evenals (hoofd)waterlopen breder dan 12 m. Via een uitgebreide GIS-analyse is voor elk perceel de afstand van perceelrand tot dichtstbijzijnde waterloop bepaald, waarbij de perceelrand is opgedeeld in 100 punten. Aangenomen is dat de perceelrand grenst aan de waterloop als de afstand tot de waterloop minder dan 5 m is. Hieruit volgt het percentage van de perceelsomtrek dat grenst aan een waterloop (zie figuur B2.2).
- Percelen zonder buisdrainage of waarvan minder dan 10% van het areaal is voorzien van buisdrains.
- Bufferstrookbreedte: voor percelen met grasland op veen met grondwatertrap III en lager is de bufferbreedte op 2 m gesteld. Voor de andere percelen is een bufferbreedte aangenomen van 5 m. Het oppervlak wordt dan berekend als het deel van de omtrek dat aan een waterloop grenst maal de bufferbreedte. Als het oppervlak groter is dan 5% van het perceeloppervlak wordt de breedte bijgesteld, zodat het oppervlak maximaal 5% bedraagt, echter met een minimum aan bufferbreedte van 2 m. Percelen die na het maximaal versmallen van de waterloop tot 2 m voor meer dan 100% uit bufferstrook bestaan, zijn uitgesloten. Het gaat om enkele langgerekte smalle percelen.

Het resulterende ruimtebeslag van de droge bufferstroken is te zien in figuur B2.3. Door het criterium van een minimale bufferstrookbreedte van 2 m kan het oppervlaktepercentage in natte veengebieden boven 5% uitkomen.



Figuur B2.2 Deel van perceelrand die grenst aan een waterloop, als histogram voor alle percelen in Nederland, waarbij het voorkomen is uitgedrukt als percentage van het totaal aantal percelen en als totale oppervlak van alle percelen.



Figuur B2.3 Ruimtebeslag van droge bufferstroken als percentage van het perceeloppervlak, voor de ruim 283.000 percelen in Nederland die zich lenen voor droge bufferstroken.

Zuiveringsrendement voor stikstof

Voor stikstof is het zuiveringspercentage van de bufferstrook (N_{BS} in %) gerelateerd aan het oppervlaktepercentage van de bufferstrook (A_{BS}) via

$$N_{BS} = 2 \times A_{BS}$$

waarbij N_{BS} is afgeknapt op maximaal 75% voor percelen met een zeer groot bufferstrookareaal. De factor 2 in de formule representeert een bemestingseffect (factor 1: stikstofuitspoeling is lager, omdat de bufferstrook niet wordt bemest) en een onderscheppingseffect (factor 1: een deel van het uit- en afspoelende stikstof wordt door de bufferstrook gezuiverd). Het zo berekende zuiveringspercentage varieert tussen de 0% en de 75% en bedraagt 10% tot 20% voor de meeste percelen. De gemiddelde zuivering bedraagt 14% voor percelen met bufferstrook. Deze getallen komen aardig overeen met experimentele resultaten, die een grote spreiding vertonen en gemiddeld rond de 15% uitkomen voor een bufferstrookbreedte van 5 m. Zo geven Van der Welle en Decler (2001) onder Belgische

omstandigheden een stikstofzuiveringspercentage van 15% bij een bufferstrookbreedte van 5 m. Noij et al. (2012) geven op basis van modelberekeningen een bandbreedte van 10-20% voor een bufferstrookbreedte van 5 m onder Nederlandse omstandigheden.

Zuiveringsrendement voor fosfor

Voor fosfaat wordt verondersteld dat een bufferstrook vooral effect heeft op het oppervlakkige transport via *surface run-off*. Surface run-off wordt beïnvloed door een aantal factoren, waaronder de ruwheid van het maaiveld, de grondsoort, de teeltwijze, de helling en de omvang van het perceel. Aangenomen is dat de hoeveelheid fosfor die wordt gezuiverd door een bufferstrook (P_{BS} in kg ha^{-1} jaar $^{-1}$) als volgt afhangt van de surface run-off (q_{runoff} in mm/jaar), de P-concentratie in het run-off water (c_{runoff} in mgP/l) en het vermogen van de bufferstrook om fosfaat in run-off water te zuiveren (P_{eff} als fractie [-]):

$$P_{BS} = \frac{1}{100} \times q_{runoff} \times c_{runoff} \times P_{eff}$$

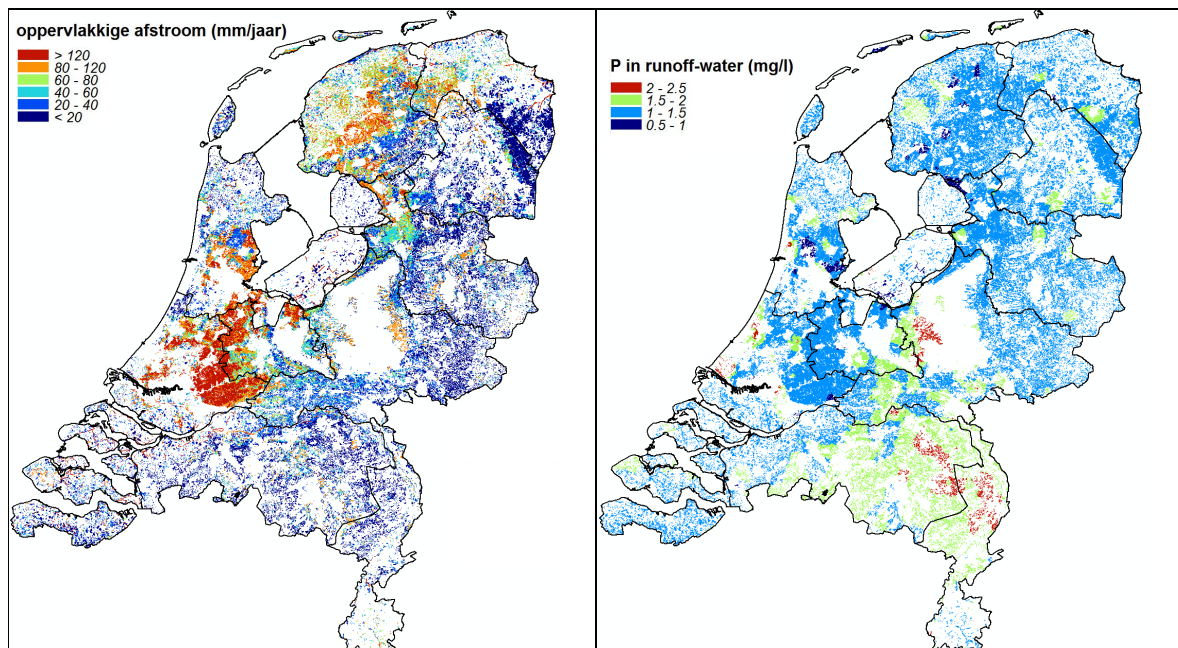
waarin

$$q_{runoff} = q_{Horton,ref} \times \left(\frac{24}{afstand\ tot\ waterloop} \right)^{0.5} \left(\frac{helling}{0.89} \right)^{0.5} + q_{Dunne}$$

$$P_{eff} = 0.895(1 - e^{-0.16 \times bufferstrookbreedte}) \times \left(\frac{perceelomtrek}{bufferstrooklengte} \right)^{0.5}$$

en waarbij de factor 1/100 voortkomt uit conversie naar de juiste eenheden.

De run-off (q_{runoff}) bestaat uit 'Horton overland flow' (q_{Horton}), die ontstaat als grond dichtslaat en uit 'Dunne overland flow' (q_{Dunne}), die ontstaat als de onderliggende bodem verzadigd is. Aangenomen is dat de gemiddelde Horton-flow ($q_{Horton,ref}$) 40 mm/jaar bedraagt voor een standaardperceel op veen, klei of löss en 20 mm/jaar voor een standaardzandperceel. Zo'n standaardperceel heeft een mediane afstand tot de waterloop (*afstand tot waterloop*) van 24 m en een mediane helling (*helling*) van 0,89%. Als het perceel geheel omgeven is door sloten, komt deze 24 m ongeveer overeen met een perceelbreedte van 100 m. Het hellingspercentage is per 5 m grid, afgeleid uit het AHN2, en vervolgens met een procedure *grid statistics for polygons* verwerkt tot een mediane waarde per perceel. De Horton-flow neemt toe naarmate het perceel dichtter bij de waterloop ligt en een steilere helling heeft. De Dunne-flow hangt af van de grondwaterstand en bedraagt 75 mm/jaar voor natte percelen (GT Ia, IIa, IIIa, Vao en Vad), 30 mm/jaar voor redelijk natte percelen (GT Ic, IIb, IIIb, Vbo en Vbd), 7,5 mm/jaar voor percelen met GT IIc en 0 mm/jaar voor droge percelen ($G \geq VI$). De resulterende totale run-off (q_{runoff}) is te zien in figuur B2.4 (links).



Figuur B2.4 Berekende oppervlakkige afstroom (links) en aangenomen P-concentratie in het afstromende water (rechts) voor de percelen die zich lenen voor bufferstroken.

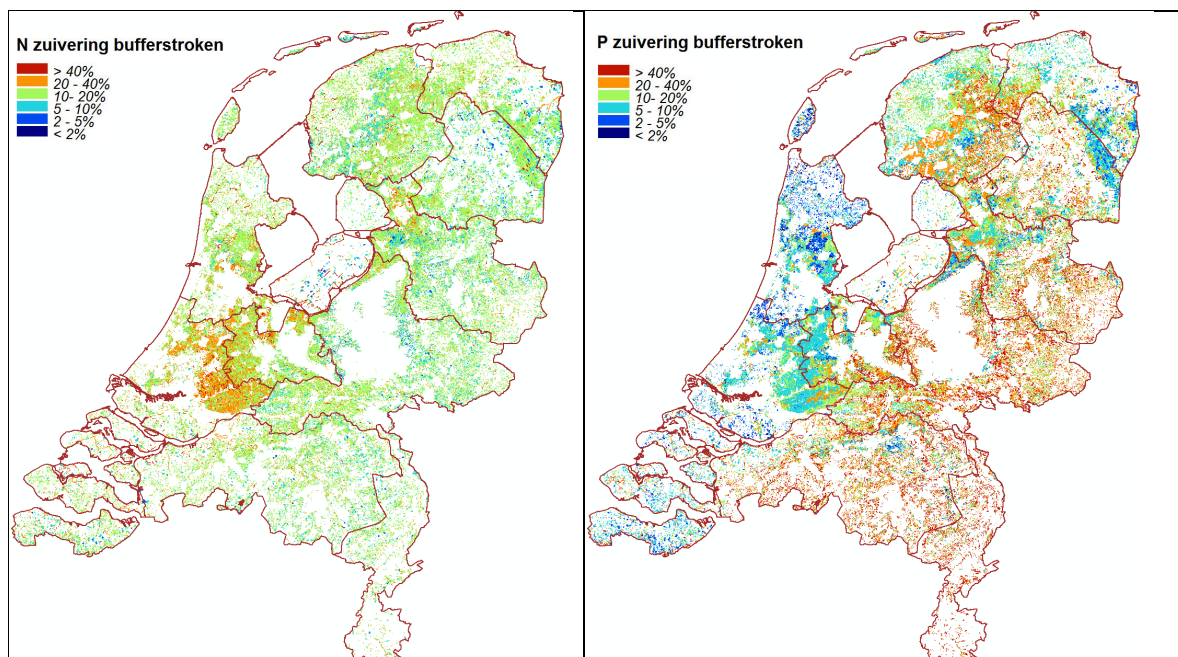
De P-concentratie in run-off water is afhankelijk van veel factoren. Het tijdstip van mesttoediening in relatie tot het meettijdstip speelt een rol, evenals de fosfaattoestand van de bodem. Verschillende onderzoeken geven aan dat er een grote spreiding bestaat in gemeten P-gehalten in run-off water en in water op het maaiveld. In kleigebieden lijken de P-gehalten wat hoger te zijn dan in zand- en veengebieden. Voor de berekeningen is de concentratie van het run-off water (C_{runoff}) afgeleid uit schattingen van het fosfaatgehalte (Pw-getal) in de bovenste 25 cm van de bodem. Figuur B2.4 (rechts) toont de resulterende fosfaatconcentratie van het run-off water, met een gemiddelde waarde van 1,4 mgP/l. Deze waarde komt overeen met gegevens in een aantal literatuurbronnen over P-concentraties in plassen op het maaiveld en bodemvochtconcentraties in de laag 0-10 cm -mv.

In een volgende stap is de afstromende P-vracht berekend ($q_{runoff} \times C_{runoff}$). Deze is vergeleken met de totale uit- en afspoelende nutriëntenvracht van het perceel, zoals berekend met STONE (Wolf et al., 2003). Als de afstromende vracht groter is dan de uit- en afspoeling, dan is de afstromende vracht gecorrigeerd tot 100% van de uit- en afspoeling.

Als laatste stap is bepaald welk deel van de berekende afstromende P-vracht ($q_{runoff} \times C_{runoff}$) wordt afgevangen door de bufferstrook (P_{eff}). Het eerste deel van de gehanteerde formule voor de zuiveringsfractie P_{eff} volgt uit een meta-analyse naar de zuivering van bufferstroken door Zhang et al. (2010). Bufferstroken van 5 m breedte hebben volgens deze formule een zuiverend vermogen van ongeveer 50%, stroken van 2 m breed zuiveren circa 25%. Dit zuiverend vermogen is gecorrigeerd voor de lengte aan bufferstrook t.o.v. de perceelsomtrek (tweede deel van formule voor P_{eff}), waarbij is aangenomen dat een kortere strook een hoger zuiverend vermogen heeft, omdat deze strook naar verhouding meer run-off water te verstouwen krijgt. P_{eff} is afgekapt op 75%, zodat de zuiverende werking van de bufferstrook nooit groter is dan 75%.

Opschaling naar zuiveringstool

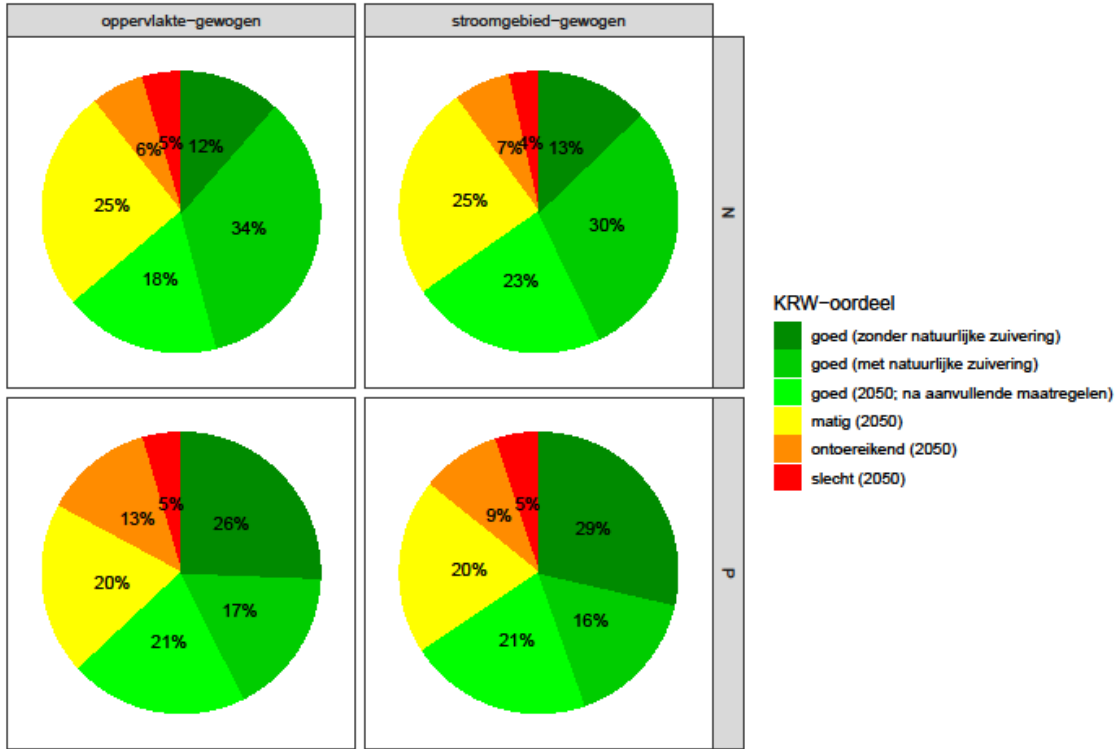
Het resulterende zuiverend vermogen van percelen met droge bufferstrook is uitgedrukt in een percentage van de totale uit- en afspoelende nutriëntenvracht, zoals berekend door STONE (figuur B2.5). Voor N bedraagt de gemiddelde zuivering 14%, voor P is dat 12%. Deze zuiveringspercentages zijn per perceel vertaald (areaal gewogen middeling) naar de stroomgebieden waar de zuiveringstool mee werkt. Resultaat is de hoeveelheid N en P die per stroomgebied kan worden afgevangen bij volledige implementatie van mestvrije zones.



Figuur B2.5 Zuiverend effect van droge bufferstroken op de uit- en afspoeling, voor stikstof (links) en fosfaat (rechts).

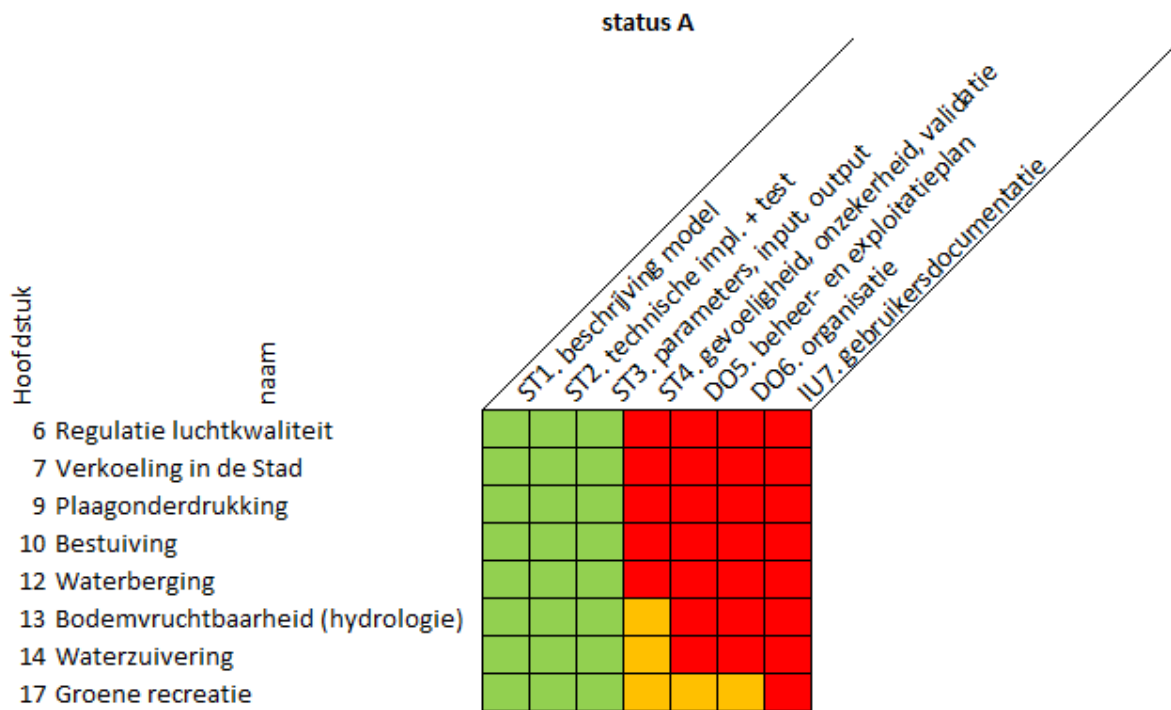
Resultaat

Voor de berekening van het eindresultaat gaan we uit van het percentage van de waterlichamen (oppervlakte-gewogen), waarbij het KRW-oordeel goed is, zowel zonder natuurlijk zuivering (N = 12%, P = 26%) als met natuurlijke zuivering (N = 34%, P = 17%). Voor N kom je uit op 47% (12% + 35%) en voor P op 43% (26% + 17%). Als N en P gemiddeld worden, kom je uit op 45% (47% + 43%/2).



Bijlage 2 Self-assessment forms Status A voor modellen

Met de kwaliteitsbeoordeling in het kader van Status A werkt de WOt-N&M aan de kwaliteit en transparantie van modellen. De ingevulde self-assessment forms zijn te raadplegen via deze [LINK](#). De korte samenvatting van de ingevulde formulieren staat in de figuur hieronder. Het gaat om de self-assessments voor de volgende ecosysteemdiensten: Luchtzuivering, Verkoeling in de stad, Bestuiving, Waterberging, Bodemvruchtbaarheid (hydrologie), Waterzuivering, Plaagonderdrukking, Groene recreatie en Natuurlijk erfgoed.



Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

168	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2020). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2020.</i>	179	Knegt, de B., M. Pleijte, E. de Wit-de Vries, I. Bouwma, F. Kistenkas, W. Nieuwenhuizen (2020). <i>Samenhang Klimaatakkoord en natuurbeleid. Proces en implementatie van het Klimaatakkoord door provincies en maatschappelijke partijen en de potentiële effecten op biodiversiteitsdoelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn.</i>
169	Van Kraalingen, D., E.L. Wipfler, F. van den Berg, W.H.J. Beltman, M.M.S. ter Horst & J.A. te Roller (2020). <i>User manual for FOCUSPIN version 3.3.</i>	180	Mattijssen T.J.M., M. Pleijte, J. Dengerink, T. Koster, M. Visscher (2020). <i>Indicatoren voor burgerbetrokkenheid bij natuur: een zoektocht naar nieuwe aanknopingspunten voor monitoring.</i>
170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; Achtergronddocument.</i>	181	Kamphorst, D.A., M. Pleijte, F. Kistenkas (2020). <i>Uitvoering van de Vogel- en Habitatrichtlijn in de praktijk: spanningen en mogelijke oplossingsrichtingen.</i>
171	Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knegt, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument.</i>	182	Elschot K., M.E.B. Van Puijenbroek, D.D.G. Lagendijk, J-T. Van der Wal, C. Sonneveld (2020). <i>Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018).</i>
172	Van Kleunen, A., M. van Roomen, E. van Winden, M. Hornman, A. Boele, C. Kampichler, D. Zoetebier, H. Sierdema & C. van Turnhout (2020). <i>Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten.</i>	183	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, K. Oosterbeek, J. Postma (2020). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2018.</i>
173	Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018).</i>	184	Ijseldijk, L.L., M.J.L. Kik, L. van Schalkwijk & A. Gröne (2020). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2019. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
174	Kuindersma, W., D. van Doren, R. Arnouts, D.A. Kamphorst, J.G. Nuesink, E. de Wit-de Vries (2020). <i>Realisatie Natuurnetwerk door provincies. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	185	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen, J.C. Verkaik (2020). <i>Rekenregels schapen en geiten voor de landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie & Registratiesysteem.</i>
175	Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, D. van Doren, T.A. de Boer, A.E. Buijs, C.M. Goossen, J.L.M. Donders, J.Y. Frissel, S. van Broekhoven (2020). <i>Provinciaal beleid voor maatschappelijke betrokkenheid bij natuur – het beleid nader bekeken in 8 casussen. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	186	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, P.D. Peters (2020). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2019.</i>
176	Gerritsen, A.L., H. Agricola, C. Aalbers, J. van Os (2020). <i>Natuur en landbouw verbinden. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>	187	Kuindersma, W., E. de Wit - de Vries, F.G. Boonstra, M. Pleijte, D.A. Kamphorst (2020). <i>Het Nederlandse natuurbeleid in zijn institutionele context. Beschrijving en analyse van de interne en externe congruentie van het Nederlandse natuurbeleidsarrangement in relatie tot landbouwbeleid, waterbeleid (voor de grote rivieren) en recreatiebeleid (1975-2018).</i>
177	Brouwer, F., D.J.J. Walvoort (2020). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.</i>	188	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen (2020). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2019/2020.</i>
178	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018; Emissies van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen - Berekeningen met het model NEMA.</i>		

189	Gerritsen, A.L., H.J. Agricola & J. van Os (2020). <i>Ruimtelijk-economische dynamiek van de landbouw. Rapport 1: analyses van ontwikkelingen in gewasarealen, dieraantallen, grondgebruik, grondprijzen, verdien capaciteiten en verbredingsactiviteiten.</i>
190	Pouwels, R., A. van Hinsberg, V. Mensing, S. van Tol & J.Y. Frissel (2020). <i>Achtergrondrapport referentiescenario's natuurverkenning 2050</i>
191	Hennekens, S., J. Holtland, N. van Rooijen, W. Wamelink & W. Ozinga (2020). <i>Indicatiewaarden voor voedselrijkdom van de bodem; een vergelijking tussen drie indicatiesystemen.</i>
192	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2019.</i>
193	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen</i>

	<i>van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 14 jaar na sluiting (najaar 2019).</i>
194	Adams, A.S. & W.J. Remmelts (2020). <i>Achtergronddocumentatie Vogel- en Habitatrichtlijnrapportage Annex A.</i>
195	Van der Meij, W.M. & G.J. Maas (2020). <i>Kwaliteitsdocument van de Geomorfologische kaart van Nederland.</i>
196	Buijs, A.E., D.A. Kamphorst, C.B.E.M. Aalbers (2020). <i>Draagt maatschappelijke betrokkenheid bij aan de legitimiteit van het natuurbeleid? Inventarisatie van beleidsverwachtingen en review van literatuur.</i>
197	Knegt, B. de, M. van der Aa, L. van Gerven, K. Hendriks, S. Koopmans, M. Lof, M. Riksen, H. Roelofsen, S. de Vries, I. Woltjer (2020). <i>Graadmeter Diensten van Natuur, update 2020; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>



Thema Periodieke
Evaluatie Natuurbeleid
Wettelijke Onderzoekstaken
Natuur & Milieu
P.O. Box 47
6700 AA Wageningen
T (0317) 48 54 71
E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

